



Proyecto de Fin de Carrera

RE-CONFIGURACIÓN DINÁMICA DE REDES EN UN LABORATORIO DOCENTE

Autor: Brian Olmeda Morgade
Director: Juan Segarra Flor



Centro Politécnico Superior
Universidad de Zaragoza



Departamento de
Informática e Ingeniería de
Sistemas

gaZ

Grupo de Arquitectura de Computadores

Agradecimientos:

A mi director de Proyecto, Juan Segarra Flor, por su inestimable ayuda, a Enrique Torres y Unai Arronategui por aportar sus ideas y opiniones, y a Pedro Sanz por facilitarme los medios necesarios para salir adelante con el proyecto.

A mis grandes amigos con los que he compartido estos años, con sus momentos buenos y otros más duros.

A mi hermana por tener siempre una sonrisa cuando más lo necesitaba.

Muy especialmente a Padre y a Madre, que me han formado, educado y querido durante esta carrera de fondo.

RE-CONFIGURACIÓN DINÁMICA DE REDES EN UN LABORATORIO DOCENTE

RESUMEN

El Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas (DIIS) ha realizado un importante esfuerzo en la compra de varios dispositivos de red con el objetivo de adaptarse al espacio europeo de educación superior de las asignaturas de Redes. Aunque el presente proyecto está asociado principalmente a las asignaturas troncales de dicha área, se aplica también a otras materias del mismo ámbito (optativas y asignaturas de máster).

En particular se han adquirido y fijado en el laboratorio L1.02: ocho encaminadores domésticos Linksys WRT54GL, un servidor Dell PowerEdge 860, una unidad de distribución de alimentación APC AP7922 (PDU), dos conmutadores Dell PowerConnect 3424 y un sistema de alimentación ininterrumpida APC Back-UPS RS 800 (SAI).

El PFC consiste en la automatización de la configuración de todos estos dispositivos (puesta en marcha, interconexión y adaptación al ámbito docente de los mismos), así como el establecimiento de distintas topologías lógicas de red en función de prácticas docentes concretas, permitiendo el uso de distintos protocolos de encaminamiento y configuraciones de equipos, sin tener que modificar la topología física.

Toda esta configuración puede ser creada, almacenada para su carga posterior, modificada y/o volver a su estado original al finalizar cada práctica con facilidad. Para ello se han desarrollado sencillas interfaces de usuario a utilizar por el profesorado para la ordenación del funcionamiento de los equipos o se han adaptado los que proporcionaba el fabricante. El objetivo final ha sido ajustarse a los requerimientos de cada práctica que se realice en el laboratorio.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Objetivo y alcance del proyecto	8
1.2. Situación previa	8
1.3. Contexto profesional	9
1.4. Contexto tecnológico	9
1.4.1. Contexto hardware	9
1.4.2. Contexto software	9
1.4. Estructura de la memoria	12
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO	14
2.1. Estudio alternativas de diseño	14
2.1.1. Interfaces de usuario	14
2.1.2. Scripts mediante el protocolo SSH	14
2.1.3. Elección final	15
2.2. Fase de documentación	15
2.3. Diseño y desarrollo	16
2.3.1. Conexiones entre dispositivos	16
2.3.2. Servidor Dell PowerEdge 860	17
2.3.3. Switches Dell PowerConnect 3424 (conmutadores)	18
2.3.4. Unidad de distribución de alimentación APC AP7922 (PDU)	19
2.3.5. Routers Linksys WRT54GL (encaminadores)	20
2.3.6. Ordenadores	21
2.3.7. Sistema de alimentación ininterrumpida APC Back-UPS RS 800 (SAI)	22
2.3.8. Interfaces de usuario	22
2.4. Principales problemas encontrados	31
CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES	34
3.1. Cumplimiento de objetivos y resultados	34
3.2. Líneas futuras	34
3.3. Motivaciones que han llevado a su realización	34
3.4. Conclusiones personales	34
ANEXO A. PLANIFICACIÓN	36
A.1. Estimación inicial	36
A.2. Tiempos finales	37
ANEXO B. ANÁLISIS	38
B.1. Análisis de requisitos	38
B.1.1. Análisis de requisitos funcionales	38
B.1.2. Análisis de requisitos no funcionales	38
B.2. Casos de uso	38
ANEXO C. ESQUEMAS DE CONEXIONES	42
ANEXO D. MANUAL DE USUARIO	47
D.1. Interfaz de usuario inicial	47
D.2. Configuración interfaz web de usuario + VLANs routers Linksys WRT54GL	48
D.3. Selección script Linksys	53
D.4. Configuración router X Linksys WRT54GL	53
D.5. Configuración unidad de distribución de alimentación AP7922	57
D.6. Configuración switch X Dell PowerConnect 3424	60
D.7. Test de conexiones	66
ANEXO E. DETALLES DE CONFIGURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN	67
E.1. Servidor Dell PowerEdge 860	67
E.2. Switches Dell PowerConnect 3424 (conmutadores)	72

E.3. Unidad de distribución de alimentación APC AP7922 (PDU).....	74
E.4. Routers Linksys WRT54GL (encaminadores)	76
E.5. Interfaces de usuario	78
E.5.1. Interfaz inicial (inicio.html).....	78
E.5.2. Configuración interfaz web de usuario + VLANs routers Linksys WRT54GL (linksys.php y configurar.php).....	78
E.5.3. Selección script Linksys (renombra_scripts_Linksys.php y renombra.php)	80
E.5.4. Test de conexiones (test_cableado.php)	80
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	83

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Dado que normalmente no se pueden utilizar dispositivos de red profesionales como encaminadores, servidores, conmutadores, etc. para la docencia, se recurre frecuentemente al uso de animaciones y simuladores para explicar conceptos relacionados con las redes de comunicaciones, como el protocolo TCP, enrutamiento y similares.

Por contra, desde el punto de vista del alumnado, estas herramientas acaban siendo vistas como un simple juego de ordenador, ocultando problemas reales. Sin embargo, si se les da la oportunidad de explorar los aparatos físicamente, enfrentarse a problemas reales y que lo puedan poner en práctica in-situ es mucho más interesante desde el punto de vista educativo, ya que se asientan mejor los conceptos al asociar imagen y tacto con lo que previamente han visto en las clases de teoría.

Afortunadamente, se ha podido hacer el esfuerzo económico para la compra de todos estos dispositivos físicos con el objetivo de adaptarse al espacio europeo de educación superior de las asignaturas troncales de Redes.

1.1. Objetivo y alcance del proyecto

El objetivo final de este proyecto es automatizar la configuración de todos los dispositivos que componen el laboratorio de prácticas L1.02.

Las tareas que se han realizado son las siguientes:

- Puesta en marcha e interconexión entre dispositivos buscando una topología adecuada al desarrollo de las diferentes prácticas, así como la adaptación de los mismos al ámbito docente.
- Automatizar la configuración de los citados dispositivos para su uso de una manera sencilla por parte del profesorado, para empezar en un estado deseado dependiendo de la práctica a desarrollar permitiendo el uso de distintos protocolos de encaminamiento y configuraciones de equipos, sin tener que modificar la topología física. Se ha realizado a través de sencillas interfaces de usuario o se han adaptado las que proporciona el fabricante.

1.2. Situación previa

Para comprender verdaderamente la dimensión del trabajo llevado a cabo en este proyecto final de carrera, se empieza por explicar el trabajo existente sobre el que se comenzó:

- Se parte de una modificación inicial del firmware de fábrica de cada uno de los encaminadores Linksys por parte de un anterior trabajo fin de carrera. Se usa como sistema base *OpenWrt* [1] en su versión *WhiteRussian RC6* con las siguientes modificaciones:
 - ✓ Cada vez que el dispositivo se reinicia, ya sea bien vía hardware o vía software, se vuelve a cargar un estado inicial predefinido.
 - ✓ Admite la carga de un script en el proceso de inicio que sea leído de un servidor externo y que ejecute las modificaciones necesarias. La dirección del servidor se puede cambiar sin modificar el firmware instalado.
 - ✓ El firmware modificado admite dos usuarios: Un usuario *root* que dispone de todos los permisos y tiene acceso total a todas las funcionalidades del dispositivo. El otro, *usuario*, no tiene acceso a aquellos comandos o interfaces que permiten cambiar permanentemente el estado del dispositivo.

- Emplazamiento físico de los dispositivos en un armario rack por parte del personal responsable del mantenimiento del laboratorio, así como la instalación física de las redes A, B y C a lo largo del mismo, unido a la existente instalación y configuración para la docencia de veinte ordenadores distribuidos en cuatro bancadas.

1.3. Contexto profesional

Este proyecto se ha realizado dentro del Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, concretamente en el Área de Arquitectura de Computadores, bajo la dirección del profesor Juan Segarra Flor, en paralelo con una Beca de colaboración "Materia troncal de Redes en Ingeniería Informática III" del Programa de Incentivación de la Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza PIIDUZ-2008-2-241.

1.4. Contexto tecnológico

1.4.1. Contexto hardware

Para situar la tecnología estudiada y la metodología utilizada se ofrece en primer lugar un listado del inventario de elementos hardware utilizados:

- 1 Switch (conmutador) que permite conectar el laboratorio a la red Unizar.
- 3 Redes independientes con topología en árbol (conmutadores): A, B y C.
- 1 Servidor Dell PowerEdge 860 [2].
- 8 Routers (encaminadores) Linksys WRT54GL con firmware modificado: Linksys 1, Linksys 2, Linksys 3, Linksys 4, Linksys 5, Linksys 6, Linksys 7 y Linksys 8 [3].
- 2 Switches (conmutadores) Dell PowerConnect 3424: switch 1 y switch 2.
- 1 Unidad de distribución de alimentación APC AP7922 (PDU) [4].
- 1 Sistema de alimentación ininterrumpida APC Back-UPS RS 800 (SAI).
- 20 Ordenadores completamente equipados (dos tarjetas de red en cada uno).

1.4.2. Contexto software

El objetivo secundario ha sido realizar todo el proceso de análisis, desarrollo y documentación del proyecto con herramientas libres siempre que ha sido posible como se detalla seguidamente.

Se está ante una continua explosión de las aplicaciones Web ya que en los últimos años han surgido multitud de estándares y tecnologías que facilitan la tarea. A continuación se nombran los más interesantes a la hora de realizar el presente proyecto:

- *HTML* (HyperText Markup Language) es el lenguaje de marcado predominante para la elaboración de páginas web. Usado para describir la estructura y el contenido en forma de texto, así como para complementar el texto con objetos tales como imágenes [5].
- *PHP* (PHP Hypertext Pre-processo) es un lenguaje de programación interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas. Es usado principalmente en interpretación del lado del servidor [6].

- *Javascript* es un lenguaje de scripting basado en objetos, utilizado para acceder a objetos en aplicaciones. Principalmente, se utiliza integrado en un navegador web permitiendo el desarrollo de interfaces de usuario mejoradas y páginas web dinámicas.
- *HTTP* (Hypertext Transfer Protocol) es el protocolo usado en cada transacción de la World Wide Web [7].
- *HTTPS* (Hypertext Transfer Protocol Secure) es un protocolo de red basado en el protocolo HTTP, destinado a la transferencia segura de datos de hipertexto, es decir, es la versión segura de HTTP [8].
- *Apache* es un servidor web HTTP de distribución libre y código abierto [9].
- *Mozilla Firefox* es un navegador web multiplataforma de distribución libre [10].

Se continúa con los protocolos y tecnologías empleados para las conexiones de red:

- *TCP* (Transmission Control Protocol) es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por computadoras pueden usarlo para crear conexiones entre ellos a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto. Da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de Internet, incluidas HTTP, SSH y FTP, etc. [11]
- *SSH* (Secure Shell) es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa, encargado de facilitar las comunicaciones seguras entre dos sistemas usando una arquitectura cliente/servidor y que permite a los usuarios conectarse a un host remotamente. A diferencia de otros protocolos de comunicación remota tales como FTP o Telnet, SSH encripta la sesión de conexión (conexión segura) [12].
- *OpenSSH* es un conjunto de aplicaciones que permiten realizar comunicaciones cifradas a través de una red, usando el protocolo SSH [13].
- *FTP* (File Transfer Protocol) es un protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP, basado en arquitectura cliente-servidor [14].
- *TFTP* (Trivial File Transfer Protocol) es un protocolo de transferencia muy simple semejante a una versión básica de FTP. Se utiliza para transferir pequeños archivos entre ordenadores en una red [15].
- *STP* (Spanning Tree Protocol) es un protocolo cuya función es permitir a los dispositivos de interconexión activar o desactivar automáticamente los enlaces de conexión, de forma que se garantice que la topología está libre de bucles.
- *DHCP* (Dynamic Host Configuration Protocol) es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. Se trata de un protocolo de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van estando libres, sabiendo en todo momento quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado después [16].

Finalmente, se exponen las herramientas utilizadas en el desarrollo del proyecto:

- Sistemas Operativos:
 - ✓ *Linux (CentOS)* es un clon a nivel binario de la distribución Linux Red Hat Enterprise Linux, compilado por voluntarios a partir del código fuente liberado por Red Hat. Está libremente disponible para ser bajado y usado por el público [17].
 - ✓ *Windows (XP)* es una versión de Microsoft Windows, línea de sistemas operativos desarrollado por Microsoft [18].
- *Firmware* es un bloque de instrucciones de programa para propósitos específicos, grabado en una memoria de tipo no volátil que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo. Al estar integrado en la electrónica del dispositivo es en parte hardware, pero también es software, ya que proporciona lógica y se dispone en algún tipo de lenguaje de programación. Funcionalmente, el firmware es el intermediario entre las órdenes externas que recibe el dispositivo y su electrónica, ya que es el encargado de controlar a ésta última para ejecutar correctamente dichas órdenes externas:
 - ✓ *OpenWrt* (encaminadores Linksys) se basa en un núcleo Linux junto con herramientas GNU y dispone de un sistema gestor de paquetes que dota al firmware de una gran versatilidad y funcionalidad.
 - ✓ Firmware de fábrica Switches Dell PowerConnect 3424.
 - ✓ Firmware de fábrica sistema de distribución de alimentación APC AP7922 (PDU).
- *KompoZer* es un editor visual de páginas web, de distribución libre y código abierto. Es mayormente mantenido por una comunidad de usuarios [19].
- *Eclipse-php* es un entorno de desarrollo integrado (IDE) multilenguaje, de código abierto y multiplataforma [20].
- *PuTTY* es un cliente SSH con licencia libre y código abierto [21].
- *Xming* es una implementación portátil del sistema de ventanas X para sistemas operativos Microsoft Windows de distribución libre y código abierto. Se usa en implementaciones de SSH para asegurar sesiones X11 en otras computadoras [22].
- *Dia* es una aplicación informática de propósito general para la creación de diagramas, desarrollada como parte del proyecto *Gnome*. Está concebido de forma modular, con diferentes paquetes de formas para diferentes necesidades [23].
- *APC Security Wizard* es una aplicación informática de descarga libre para crear certificados digitales.
- *Openoffice.org* es una suite ofimática de código abierto y distribución gratuita que incluye herramientas como procesador de textos, hoja de cálculo, presentaciones, herramientas para el dibujo vectorial y base de datos. Está disponible para varias plataformas [24].

- *GanttProject* es una aplicación para gestionar proyectos basada en la utilización de diagramas de Gantt y gráficas de carga de trabajo. Es multiplataforma, libre y gratuito [25].
- *Daemon Apcupsd* es una aplicación que está permanentemente en estado de alerta en un servidor con el fin de realizar la administración y configurar la energía de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), informando al usuario de posibles fallos e iniciando automáticamente una activación de energía a través de las baterías al detectarse un problema eléctrico [26].

1.4. Estructura de la memoria

Este documento se divide en dos partes principales: el núcleo de la memoria y los anexos.

En la primera de ellas se definen los objetivos y el marco de trabajo, se realiza una descripción del diseño y del trabajo realizado, y se detallan las líneas futuras de trabajo así como valoraciones personales y acerca del cumplimiento de los objetivos iniciales.

En la segunda parte del documento se ofrecen los detalles de planificación, análisis y los manuales necesarios. Adicionalmente se incluye una descripción gráfica de las conexiones entre dispositivos.

De acuerdo con lo anterior se ha decidido dividir la memoria en las siguientes secciones:

- Capítulo 1. Introducción: Describe el objetivo y alcance del proyecto, el trabajo previo en que se apoya, el contexto en que se realiza y en líneas generales la forma en que se aborda el problema.
- Capítulo 2. Descripción del trabajo realizado: Una de las funciones que tiene este apartado, es el de explicar los objetivos del proyecto, haciendo un estudio de las alternativas para el desarrollo de éste. También indica todas las tareas que se han realizado a lo largo del proyecto para cumplir los objetivos y los problemas que se han encontrado en el desarrollo y sus soluciones. Expone de manera general el diseño y funcionamiento de cada uno de los dispositivos y de las interfaces de usuario de manera que se tenga una idea de qué hace cada uno de ellos y cómo lo hace. Posteriormente en los anexos se abunda en estos temas para tener una visión más técnica y detallada.
- Capítulo 3. Conclusiones: Expone conclusiones y valoraciones una vez desarrollado el proyecto y traza las líneas futuras de trabajo. También evalúa el cumplimiento de los objetivos definidos al inicio del proyecto.
- Anexo A. Planificación: Planificación de las actividades, división en fases y distribución del tiempo teniendo en cuenta la metodología escogida. Comparación entre la planificación y la distribución real.
- Anexo B. Análisis: Explica todo el proceso de análisis del problema: los requisitos funcionales y no funcionales que se acordaron con el usuario final y los casos de uso.
- Anexo C. Esquemas de conexiones: Descripción gráfica con detalle de la topología de conexión física entre dispositivos escogida.
- Anexo D. Manual de usuario: Explica el manejo y funcionamiento de la automatización del laboratorio a través de interfaces en lo que afecta al usuario final (profesor). Se detalla por funcionalidades explicando sus consecuencias y los pasos que debe realizar el usuario para ejecutarlas, todo ello ilustrado con capturas.

- Anexo E. Detalles de configuración e implementación: En este anexo se explica todo lo que necesita conocer un futuro desarrollador tanto para la configuración de dispositivos, como los detalles importantes de la implementación de las interfaces de usuario.

Adicionalmente, se ha cargado electrónicamente a través de *Zaguán* (repositorio de documentos-e de la Universidad de Zaragoza) un ejemplar del trabajo realizado que además de contener la versión digital de la memoria y los anexos, incluye los ficheros de configuración del servidor, PDU y conmutadores, el código de las interfaces de usuario, así como los manuales de usuario de los diferentes dispositivos.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

Esta sección detalla el trabajo realizado a lo largo del proyecto. En primer lugar se explica el estudio inicial y las alternativas propuestas, se continúa citando la conexión propuesta para el laboratorio y las tareas realizadas en cada uno de los dispositivos, para posteriormente especificar el modo de automatizar estas configuraciones a través de interfaces de usuario. Para finalizar, se citan los problemas más importantes encontrados.

2.1. Estudio alternativas de diseño

La propuesta de proyecto partió de la necesidad de actualizar las prácticas de las asignaturas de Redes. Se propuso la forma ideal de usar los dispositivos adquiridos para la impartición de dichas prácticas y se establecieron los objetivos. Asimismo se han llevado a cabo reuniones eventuales con los profesores que imparten dichas asignaturas para adaptar sus peticiones al proyecto.

La automatización para configurar cada dispositivo al principio de cada sesión de prácticas se pensó inicialmente de dos formas: vía interfaces de usuario o vía scripts mediante el protocolo SSH.

A continuación se expondrán las ventajas y desventajas que se observaron en cada una y las razones que motivaron la elección de las interfaces web de usuario.

2.1.1. Interfaces de usuario

Ventajas

- Actualizar o hacer cambios en el software es sencillo y sin riesgos de incompatibilidades. Existe sólo una versión en el servidor lo que implica que no hay que distribuirla entre los demás dispositivos. El proceso es rápido y limpio.
- Las aplicaciones web tienen un camino sencillo para la compatibilidad multiplataforma.
- Son sencillas de usar e intuitivas.

Desventajas

- Las interfaces tienen ciertas limitaciones en las funcionalidades que se ofrecen al usuario. Sin embargo, generalmente se utilizan lenguajes interpretados en el lado del cliente para añadir más funcionalidades, como por ejemplo Javascript, y recientemente se han desarrollado tecnologías para coordinar estos lenguajes con tecnologías en el lado del servidor, como por ejemplo PHP. Por estos motivos, esta desventaja queda mitigada y a su vez, justificado el uso del lenguaje HTML junto con Javascript y PHP.
- El tema de la seguridad de datos confidenciales.

2.1.2. Scripts mediante el protocolo SSH

Ventajas

- Todos los datos que se envían y se reciben durante la conexión son cifrados. El cliente transmite al servidor la información necesaria para su autenticación en formato cifrado.
- Después de la primera conexión, el cliente puede saber que se está conectando al mismo servidor en futuras sesiones.

Desventajas

- El cliente puede ejecutar aplicaciones gráficas desde el Shell, sin embargo no siempre es posible.
- Necesidad de conocer el funcionamiento del protocolo. El mal uso de una herramienta de criptografía suele mucho ser más peligroso que no utilizarla; una herramienta de encriptación mal utilizada da una falsa sensación de seguridad.

2.1.3. Elección final

Como se puede recordar, el objetivo final de este proyecto era que el profesorado accediera de una manera sencilla a la configuración de los diferentes dispositivos del laboratorio, por lo que se decantaba la opción vía interfaces debido a la comodidad y sencillez de las mismas, pudiendo ser utilizadas sin conocer prácticamente nada de los dispositivos.

En contra estaba el tema de la seguridad. Como esta característica, particularizando para el caso de redes de computadores, es muy difícil de conseguir, según la mayoría de expertos imposible, se suaviza la definición de seguridad y se pasa a hablar de fiabilidad más que de seguridad.

A grandes rasgos se entiende que mantener un sistema seguro, o fiable, consiste básicamente en garantizar tres aspectos: confidencialidad, integridad y disponibilidad. Estas características se ha conseguido con la utilización del protocolo HTTPS y permitiendo el acceso sólo desde la red local del laboratorio y universitaria, por supuesto, previa identificación con nombre de usuario y contraseña. Tras estas adiciones, analizadas con el director del proyecto, se decidió que la seguridad no era un factor crítico en el laboratorio.

Lo que finalmente decantó el desarrollo de interfaces de usuario es la necesidad de crear cientos de scripts diferentes si se accediera vía SSH, y lo que es peor, si se decidiera crear uno nuevo estudiarse a fondo los firmware de todos los dispositivos. Las interfaces crean estos scripts automáticamente, a partir de que el usuario seleccione una serie de características requeridas de una manera sencilla e intuitiva y sin la necesidad de conocer los comandos propios de cada dispositivo.

Finalmente comentar, que aunque el proyecto se ha basado en la configuración vía interfaces de usuario, todos los dispositivos se han configurado también para tener acceso vía SSH, por lo que se deja como futura opción alternativa si la seguridad del laboratorio se convirtiera en primordial.

2.2. Fase de documentación

Debemos observar que la mera obtención de la información no agota el hecho de documentarse, que abarca, además del acceso a las fuentes, el saber usarlas de modo adecuado. Ello implica ser capaz de determinar la necesidad de información, conocer las fuentes y poder evaluar su utilidad, seleccionar los recursos obtenidos relevantes para la necesidad de información y rechazar otros.

La fase de estudio previo y documentación, tanto previa como posterior, ha sido un punto clave para la realización de este proyecto final de carrera. Para resolver los problemas planteados y antes de comenzar a configurar o programar la solución, ha sido siempre necesario documentarse profundamente tanto sobre aspectos generales de sistemas operativos, de áreas más concretas como son los protocolos de autenticación o la gestión de paquetes, por poner algunos ejemplos, o totalmente específicos como los manuales de usuario de cada dispositivo.

2.3. Diseño y desarrollo

El proyecto puede dividirse en dos grandes partes: instalación, configuración y adaptación al ámbito docente de cada uno de los dispositivos por una parte y por otra, la automatización del control vía interfaces de usuario de todos ellos. A continuación se explican con detalle:

2.3.1. Conexiones entre dispositivos



Ilustración 2.1: Parte superior armario rack laboratorio L1.02

Ante el problema complejo que se presentaba debido a las múltiples opciones de conectar todos los dispositivos entre sí, tras consultar las necesidades de las prácticas a desarrollar en el laboratorio, se decidió la conexión física como se muestra en los esquemas del anexo C, intentando cubrir el máximo número de topologías alcanzables o fácilmente modificables.

Se aprovecharon las cuatro interfaces del servidor para conectar la primera (eth0) con la red de redes, la segunda y la tercera (eth1 y eth2) con cada uno de los dos conmutadores Dell, quedando libre una tercera (eth3) para futuras ampliaciones del laboratorio. Así se consiguen dos redes locales fácilmente independientes o dependientes según se requiera, y acceso a internet.

A su vez, a uno de estos conmutadores (switch 1) se conectaron la primera mitad de los ordenadores del laboratorio, y tres de los cinco puertos (puertos WAN, LAN 1 y 2) de los cuatro primeros encaminadores Linksys buscando de nuevo el mayor juego posible de topologías, quedando al otro conmutador (switch2) la conexión de los restantes ordenadores y encaminadores de la misma manera.



Ilustración 2.2: Parte inferior armario rack laboratorio L1.02

El primer objetivo de esta conexión es que no haga falta tener acceso físico a los diferentes encaminadores para configurar las distintas redes entre los mismos, ya que se gestionarán a través de ambos conmutadores.

Adicionalmente, se conectaron los dos puertos restantes (puertos LAN 3 y 4) de todos los encaminadores Linksys a la red C con la finalidad de alcanzar una nueva y alternativa topología fuera de los conmutadores. Con esto conseguimos que los encaminadores se puedan configurar adecuadamente entre varias y distintas preferencias según la distribución de sus puertos.

En el caso del dispositivo de distribución de alimentación (PDU) fue mucho más fácil la elección debido a que, como su propio nombre indica, todos los dispositivos debían ir conectados a él vía cable eléctrico, decidiéndose conectarse adicionalmente vía red para tener acceso remoto al mismo con el segundo conmutador (switch2), y no con el primero, por una simple cuestión de cercanía entre ambos dispositivos.

Por último, el sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) se conecta con el servidor y con el PDU por ser los equipos con cargas críticas, debido a la necesidad de estar en todo momento operativos y sin fallos (picos o caídas de tensión). En el caso del servidor, esta conexión se hace vía USB con la intención de monitorizar y controlar remotamente el dispositivo.

2.3.2. Servidor Dell PowerEdge 860



Ilustración 2.3: Vista de frente Servidor Dell PowerEdge 860

Es un servidor en rack de uso general y de bajo coste, procesador único y formato 1U. Proporciona un rendimiento asequible para sustentar aplicaciones de desarrollo web y de infraestructura de red.

Se ha llevado a cabo una instalación de CentOS versión 5 por ser el sistema operativo Linux usado por los administradores en las diferentes salas de prácticas del edificio Ada Byron, facilitando su posterior mantenimiento. Por ser un dispositivo a ser accesible sólo por el profesorado o personal de administración, se crea una sola cuenta adicional con privilegios de “root” por motivos de seguridad.

Algunos paquetes que pueden resultar útiles no se encuentran en los repositorios oficiales de CentOS, por lo que se han añadido repositorios estables extra de third-party-applications, pero que son conocidos y declarados por la comunidad como seguros y fiables [27].

Una vez instalado el sistema operativo y sus complementos, se procede a configurar los parámetros de red:

- En primer lugar se define el nombre de host con la dirección de loopback (127.0.0.1) utilizada para el correcto funcionamiento de varias aplicaciones posteriores, como por ejemplo el servidor web Apache.
- A continuación se configuran los parámetros de cada una de las interfaces: Dirección IP, máscara de subred y puerta de enlace, proporcionado por los administradores del laboratorio en el caso de la interfaz con salida a internet (eth0) y con valores locales para las otras dos interfaces, dejando una libre para futuras ampliaciones. Para completar la conexión al exterior, se definen las direcciones del servidor DNS.
- Al requerirse establecer encaminamientos adicionales para obtener conectividad entre las dos redes locales, se generan ficheros para cada interfaz local, en donde se establecen los valores para la puerta de enlace, red a la que se quiere acceder y la máscara de subred correspondiente.

En el paso siguiente, se configura el acceso al servidor vía SSH desde cualquier dispositivo remoto mediante la instalación del paquete OpenSSH. Tras adaptarse el fichero de configuración del mismo se generan las claves pública y privada necesarias para el correcto funcionamiento del protocolo. Destacar el hecho adicional de habilitar la ejecución remota de aplicaciones gráficas, ya que, cuando se tienen distintas máquinas en una red local y se desea aprovechar el poder y recursos de éstas y ahorrar trabajo, una sesión gráfica remota es de gran utilidad.

Desde un principio se pensó en que una de las funciones principales del servidor sería dar direcciones IP a los diferentes dispositivos de red del laboratorio para que se auto-configuren siempre de la misma forma tras reiniciarse. Para ello, se instala y configura como servidor DHCP con asignación manual, es decir, sólo los anfitriones con una dirección MAC definida en dicho servidor recibirán la dirección IP asignada, evitándose conflictos por cambios de direcciones. Sin la ayuda de un servidor DHCP, tendría que configurarse de forma manual cada dirección IP de cada anfitrión. Es importante destacar que, por motivos de seguridad, el servidor DHCP sólo debe funcionar por las interfaces locales (eth1 y eth2).

Ya que el objetivo final del proyecto es la automatización de dispositivos vía interfaces web, se hace necesario la instalación de un navegador web, eligiendo Mozilla Firefox (y activando el complemento Javascript) por ser multiplataforma y libre.

Otro de los aspectos a instalar y configurar es el servidor web para poder ejecutar los menús de configuración del laboratorio mediante interfaces web de usuario. Se elige Apache por ser de código abierto, fiable y tener gran extensibilidad, ya que se instala junto a su complemento PHP. Por motivos de seguridad, es muy importante configurar el acceso a dicho servidor de una manera adecuada, permitiendo su acceso sólo desde la red local y/o universitaria.

A medida que se avanzaba en la realización del proyecto, se vio necesaria la instalación y configuración del servidor TFTP, ya que una de las formas de comunicación de los conmutadores con el servidor requiere de este protocolo.

Como se comentó anteriormente, el servidor controla remotamente al sistema de alimentación ininterrumpida (SAI). Debido a que el software para este objetivo facilitado por el fabricante sólo es gratuito para plataformas Windows, se instala y configura uno de licencia libre para Linux: Apcupsd Daemon.

Por último se configuró la necesidad de que todos los cambios comentados hasta ahora se ejecutasen de forma automática al iniciarse el servidor, de una manera transparente al usuario.

2.3.3. Switches Dell PowerConnect 3424 (conmutadores)

PowerConnect 3424 tiene 24 puertos 10/100 Mbps y dos puertos SFP (Small Form Factor Pluggable es un transceptor modular óptico de intercambio dinámico que ofrece una gran velocidad), además de dos puertos de cobre que pueden utilizarse para reenviar tráfico en el caso de un dispositivo independiente, o bien como puertos de apilamiento cuando el dispositivo está apilado. Este dispositivo también cuenta con un puerto de consola RS-232. PowerConnect 3424 es un dispositivo apilable, pero también puede funcionar como unidad independiente.



Ilustración 2.4: Vista de frente conmutador Dell PowerConnect 3424

Para configurar por primera vez el conmutador es necesario hacerlo directamente por el puerto de consola mediante el cable de serie proporcionado por el fabricante a través de un terminal.

Una vez conectado, se accede al firmware del dispositivo con el fin de crear un nombre de usuario y contraseña de acceso, y seguido, se configuran los parámetros de red según las necesidades del laboratorio. Se decide dar una dirección IP fija y no por servidor DHCP por cuestiones de uso, ya que este dispositivo funcionará principalmente con VLANs configuradas desde el propio conmutador.

Se decide que funcione como unidad independiente, quedándose la opción de apilarse con otros conmutadores para futuras ampliaciones, ya que en el momento actual con sólo dos

en el laboratorio y fácilmente accesibles a través del servidor, no cumpliría función alguna. Adicionalmente, se configuran los puertos permitiendo la detección automática de la velocidad, el modo dúplex y el control de flujo en todos ellos.

A continuación se configura el acceso vía SSH para trabajar remotamente con el dispositivo sin necesidad de estar conectado vía cable. Para ello se crean las claves correspondientes, contraseña y parámetros de dicho protocolo.

Una vez configurado, se adapta el dispositivo para su uso vía interfaz web. Se configuran los protocolos HTTP y HTTPS para permitir el acceso vía web, ya que el dispositivo facilita la posibilidad de utilizar ambos, y se establece usuario y contraseña. Aunque Mozilla Firefox no está homologado por el fabricante, no muestra ningún comportamiento anormal y se decide continuar con el mismo.

Se observa que la interfaz de usuario proporcionada por el fabricante es bastante completa, y tras su minucioso estudio, se comprueba que el dispositivo se puede reiniciar sin guardar los cambios, o guardándolos, además de permitir guardar y cargar configuraciones para su posterior uso, funcionalidades éstas buscadas en el objetivo final de automatización. Estas operaciones se realizan bien vía TFTP o vía HTTP, ambos protocolos instalados y configurados en el servidor.

Aunque todas estas tareas también se han configurado para realizarse vía SSH a través del firmware del dispositivo de cara a futuras ampliaciones, se recomienda el uso del acceso vía web por su sencillez si se desconoce el modo de comandos del dispositivo por ser bastante complejo.

Por último, con la finalidad de evitar bucles por la topología del laboratorio con sus consiguientes problemas, se instala y configura el protocolo STP.

2.3.4. Unidad de distribución de alimentación APC AP7922 (PDU)

Es un dispositivo que permite el control programable de tomas de corriente. Tiene como funciones:

- Establecer los siguientes valores para cada toma de manera independiente:
 - ✓ Demora de conexión
 - ✓ Demora de desconexión
 - ✓ Duración del reinicio
- Configurar la secuenciación de alimentación para evitar la entrada de corriente mientras se inicia el sistema.



Ilustración 2.5: Vista de frente Unidad de distribución de alimentación APC AP7922

Para configurar por primera vez el dispositivo es necesario hacerlo directamente por el puerto de consola mediante un cable de serie facilitado por los administradores del laboratorio y conectado a un terminal.

Una vez conectado, se accede al firmware del dispositivo introduciendo el nombre de usuario y contraseña que vienen por defecto. Por motivos de seguridad, el primer paso es cambiar estos parámetros de acceso. Seguido, se configuran los parámetros de red según las necesidades del laboratorio. Se decide dar una dirección IP fija y no por servidor DHCP por razones de comodidad, ya que el dispositivo exige que el servidor de direcciones responda con una oferta de DHCP que incluya la opción Vendor Specific Information (cookie de APC).

A continuación se configura el acceso vía SSH para trabajar remotamente con el dispositivo sin necesidad de estar conectado vía cable. Para ello se crean las claves correspondientes, contraseña y parámetros de dicho protocolo.

Una vez configurado, se adapta el dispositivo para su uso vía interfaz web. Se configuran los protocolos HTTP y HTTPS para permitir el acceso vía web, ya que el dispositivo facilita la posibilidad de utilizar ambos con la salvedad de que sólo uno de ellos puede estar activo a la vez (mutuamente excluyentes), eligiéndose HTTPS por razones de seguridad, y se establece usuario y contraseña. Adicionalmente, se crea una cuenta de usuario, con permisos de sólo lectura, para facilitar el acceso al alumnado con el fin de conocer en todo momento el estado de los dispositivos del laboratorio.

Es importante comentar que, tanto para crear las claves utilizadas por el protocolo SSH, como para la obtención del certificado HTTPS, se necesita de programas auxiliares como APC Security Wizard facilitado libremente en la web del fabricante, ya que la capacidad de cálculo del dispositivo es bastante limitada. Por este motivo, la verificación del acceso vía SSH es algo más lento, aunque una vez autenticado funciona correctamente.

Se observa que la interfaz de usuario proporcionada por el fabricante es sencilla pero bastante completa, y tras su minucioso estudio, se comprueba que el dispositivo permite iniciar y guardar la configuración que se desee, funcionalidades principales en el objetivo final de automatización. Esto se realiza descargando o guardando un fichero de configuración inicial (config.ini) vía ftp con el servidor.

Todas estas tareas también se han configurado para realizarse vía SSH a través del firmware del dispositivo de cara a futuras ampliaciones. Aunque el modo de comandos no es tan complejo como en los conmutadores Dell, se recomienda el uso del acceso vía web por su sencillez.

Por último, se renombran los enlaces de las tomas de corriente de la interfaz de usuario con los nombres y direcciones de cada uno de los dispositivos conectados facilitando una rápida detección y/o acceso a los mismos por parte del usuario.

2.3.5. Routers Linksys WRT54GL (encaminadores)



Ilustración 2.6: Vista posterior router Linksys WRT54GL

El Linksys WRT54GL es un encaminador doméstico que permite interconectar varios dispositivos mediante enlaces Ethernet. Este dispositivo permite configurar una red de hasta cuatro dispositivos a través de sus puertos LAN, ofreciendo una amplia flexibilidad y adicionalmente, se puede conectar a otras redes mayores o a Internet mediante un quinto puerto WAN. Dispone también de facilidades inalámbricas.

Como se comentó al inicio de esta memoria, el software de gestión (firmware) fue modificado por un compañero en un proyecto anterior adaptando su uso a la docencia.

Se estudia las necesidades del dispositivo para su uso en prácticas y se extrae la conclusión de que se deben hacer varios cambios en su comportamiento. Con el fin de no rectificar este firmware modificado, por el trabajo laborioso que conllevaría, se comprueba que el dispositivo almacena sus parámetros de configuración en memoria RAM, que se borra al reiniciar, y memoria flash (NVRAM), que es persistente. Por ello, se identifican y clasifican todas estas modificaciones exigidas según su necesidad de ser temporales o permanentes.

Se decide hacer en cada uno de los encaminadores los siguientes cambios de una manera permanente (no olvidar que la vida media de escrituras en la memoria flash es aproximadamente 10.000 veces, por lo que no conviene abusar):

- Desactivar la interfaz inalámbrica por no ser de utilidad en el uso de las futuras prácticas, ya que ningún otro dispositivo del laboratorio dispone de herramientas wireless.
- Desactivar la función de servidor DHCP que realiza automáticamente el dispositivo a través de sus puertos LAN. La función de dar direcciones IP ya la cumple el propio servidor del laboratorio como se comentó con anterioridad, no pudiendo disponer de dos servidores DHCP diferentes en una misma red.
- Configurar la variable “*servidor*” con la ruta correcta para que el encaminador acceda a la carga del script de inicio almacenado previamente en dicha ruta del servidor.
- Se decide dar direcciones IP mediante servidor DHCP al puerto WAN por ser una variable a configurar principalmente por los administradores, mientras que la dirección IP de los puertos LAN se almacena fija pero fácilmente modificable por los usuarios según las configuraciones de VLANs que se adapte en la sesión de prácticas correspondiente.

Los restantes cambios se pueden llevar a cabo de una manera temporal, es decir, a nivel de sesión al comienzo de cada práctica, por lo que se decide aprovechar la opción de cargar un script al iniciarse el dispositivo, para activar con él todos estos cambios. Debido a que las modificaciones pueden ser múltiples y variadas, se desarrolla un formulario HTML y su procesamiento encargado de generar este script según las necesidades de cada práctica como se explica en el apartado de interfaces de más adelante.

Por último comentar que el diseño del firmware modificado contiene un problema con el protocolo SSH, ya que el dispositivo no almacena las claves privadas tras reiniciarse tanto al actuar como cliente o como servidor remoto en dicho protocolo, es decir, sólo las guarda a nivel de sesión. Es especialmente crítico en el caso de actuar como servidor remoto ya que bloquea una nueva conexión, mientras que al actuar como cliente, es suficiente con aceptar la nueva clave como si fuera la primera vez que se conectara con el dispositivo remoto. Partiendo de la base de no modificar el firmware, este problema se puede solucionar de dos formas explicadas en la sección de *Principales problemas encontrados*.

2.3.6. Ordenadores

Como se comentó con anterioridad, el laboratorio dispone de veinte ordenadores con su hardware y software preinstalado para su uso en la docencia, distribuidos en cuatro bancadas como se puede observar en el anexo C. La única característica a modificar en los mismos es la activación de la segunda tarjeta de red, conexión de la misma con la red A y su configuración para que tome la dirección IP a través del servidor DHCP del armario. Así se obtiene una dirección IP fija con el fin de tener siempre la misma para cada ordenador.

Uno de los problemas encontrados al conectar los ordenadores a la infraestructura de red ha sido el poseer dos tarjetas de red configuradas por diferentes servidores DHCP en cada dispositivo. En la sección *Principales problemas encontrados* se detalla el problema y la solución adoptada.

2.3.7. Sistema de alimentación ininterrumpida APC Back-UPS RS 800 (SAI)



Ilustración 2.7: Vista de frente Sistema de alimentación ininterrumpida Back-UPS RS 800

El SAI es un dispositivo que gracias a sus baterías, puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados y mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a los aparatos, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red. En el caso particular del laboratorio L1.02, estos aparatos críticos son el servidor y el PDU.

Como se ha comentado anteriormente, es controlado remotamente por el servidor (al que está conectado a través de cable USB) mediante el uso del demonio *apcupsd*, correctamente configurado con los parámetros propios del laboratorio.

2.3.8. Interfaces de usuario

La Real Academia Española define el término interfaz (del inglés interface, superficie de contacto) como una conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes [28].

Cuando uno de los sistemas que se comunican es un ser humano pasamos al concepto de interfaz de usuario. Este tipo de interfaces deben servir de intermediarias entre unos usuarios genéricos y unos sistemas de información y procesos transaccionales que corren por debajo, debiendo posibilitar la localización de la información deseada, el entendimiento claro de las funcionalidades ofrecidas, la realización práctica de tareas específicas por parte de los usuarios y la navegación intuitiva por las diferentes páginas que forman el sitio web.

Una vez instalados, conectados y adaptado su uso a la docencia cada uno de los dispositivos como se ha explicado en las secciones anteriores, se llega al objetivo final, la automatización vía interfaces de usuario de todos ellos para empezar en un estado deseado dependiendo de la práctica a desarrollar permitiendo el uso de distintos protocolos de encaminamiento y configuraciones de equipos, sin tener que modificar la topología física.

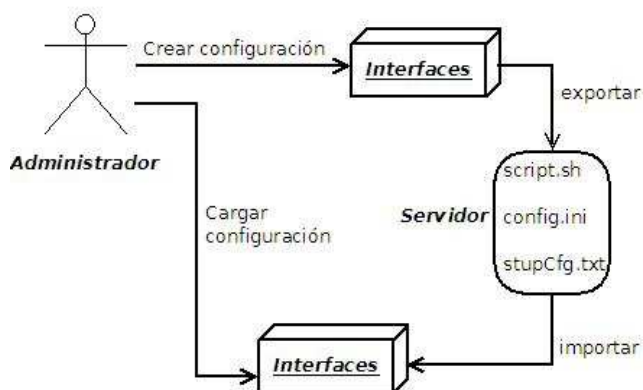


Ilustración 2.8: Flujo de la información automatización

Para dicha automatización, el propósito de todas las interfaces creadas desde cero o adaptadas a la docencia es la posibilidad de crear y guardar una configuración determinada de cada dispositivo, así como poder cargarla de una manera sencilla al inicio de cada sesión por parte del profesorado (administrador). La siguiente ilustración da una visión general pero clara de qué camino va a seguir el flujo de información para dicha automatización.

Menú inicial

En primer lugar se necesita una pantalla inicial a través de la cual se acceda a todas las opciones de configuración del laboratorio de una manera intuitiva.

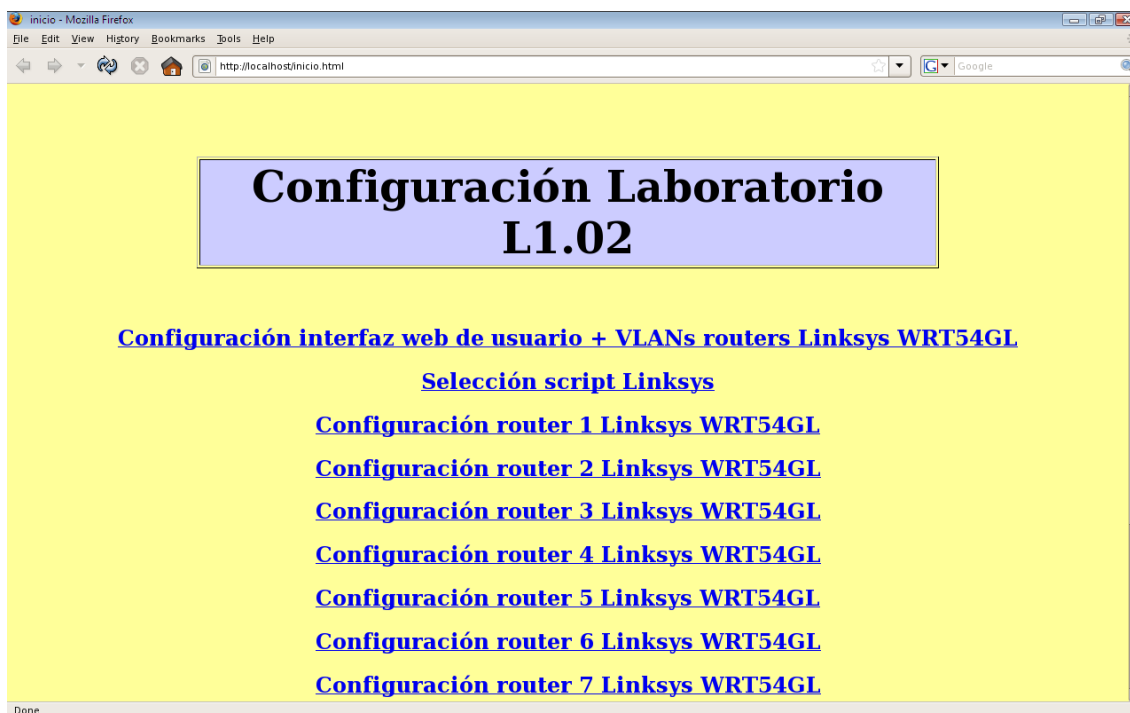


Ilustración 2.9: Interfaz de usuario inicial

Destacar que el acceso a cada una de estas opciones está restringido mediante nombre de usuario y contraseña de usuario administrador (profesor), aunque en el caso de la configuración de cada encaminador Linksys y la unidad de distribución de alimentación (PDU) sean accesibles también con cuenta de usuario (alumno) con sus respectivas restricciones.

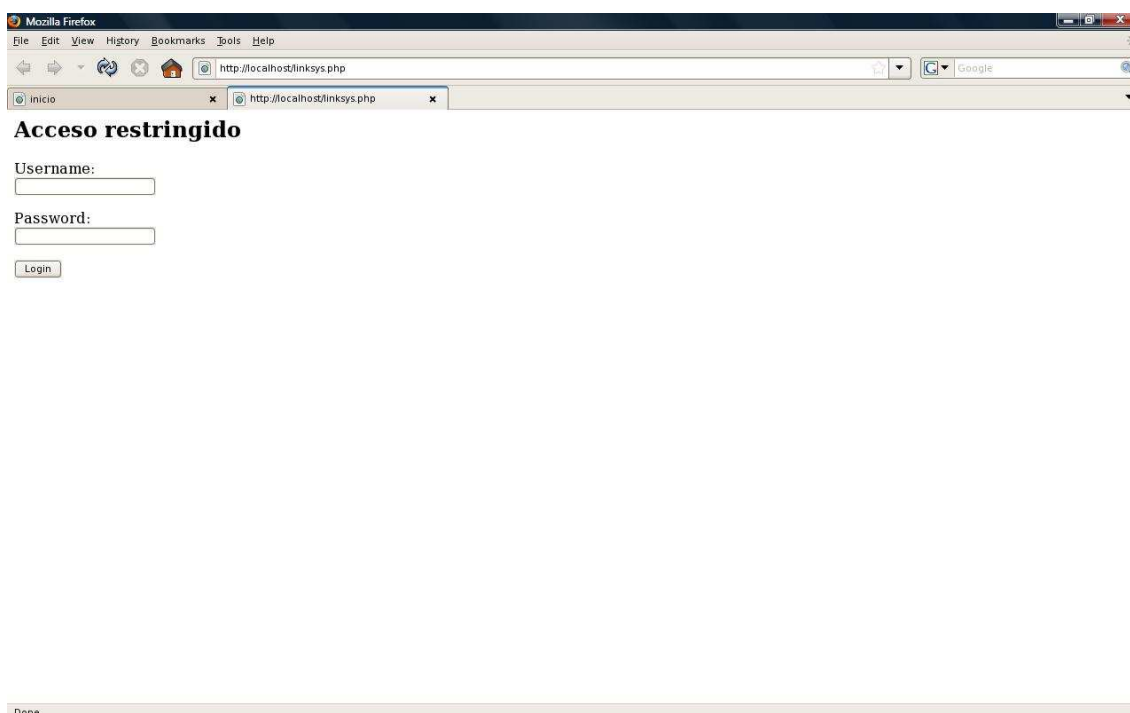


Ilustración 2.10: Ejemplo acceso a configuración restringido

En los siguientes apartados se definen brevemente cada una de las opciones de este menú inicial, cuyo funcionamiento es explicado con amplio detalle en el anexo D (manual de usuario) junto con los detalles de su implementación en el anexo E. Para comenzar, se expone una visión general de la estructura de dichas interfaces:

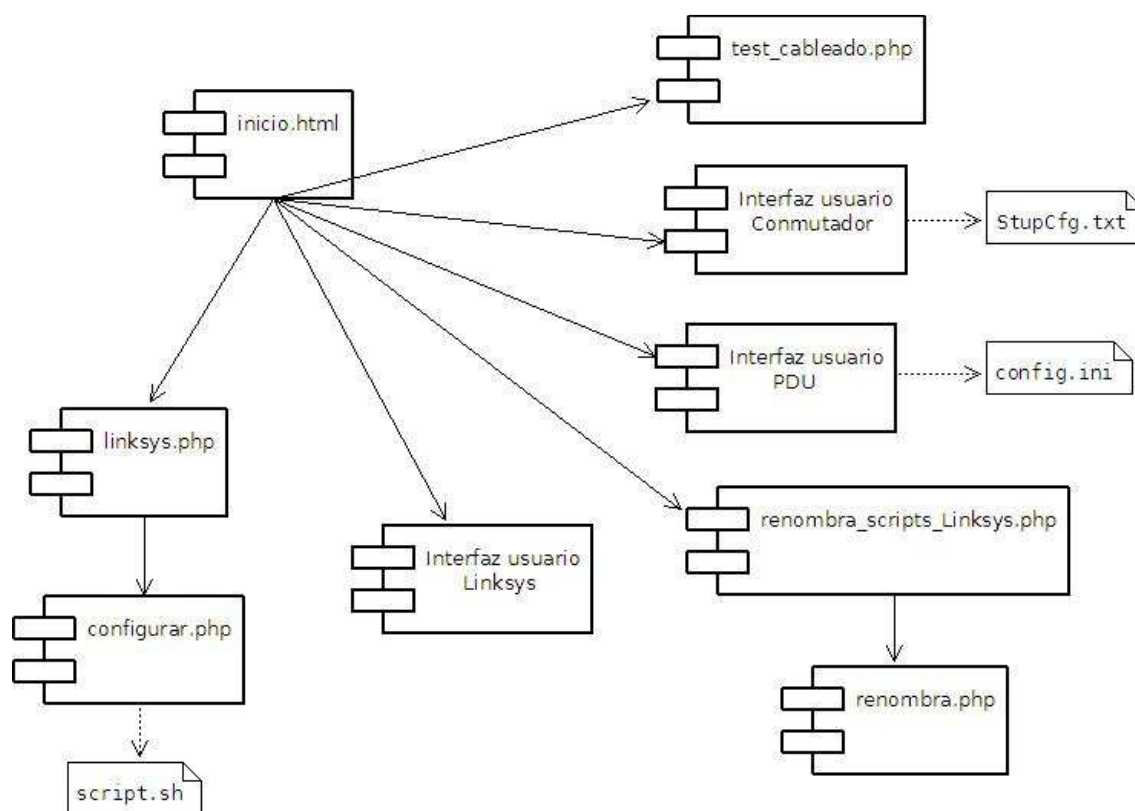


Ilustración 2.11: Visión general de la estructura de las interfaces de usuario

Comentar también, que aunque se han desarrollado estas interfaces y/o adaptado las proporcionadas por el fabricante con el objetivo final de automatizar el control de los diferentes dispositivos del laboratorio, no se ha restringido a sólo esta funcionalidad la administración de los ficheros de configuración de cada dispositivo, ya que se ha dotado al servidor de la herramienta gráfica de gestión de ficheros *Nautilus*, permitiéndose copiar, mover, editar, etc. cualquier fichero de forma manual por parte del usuario.

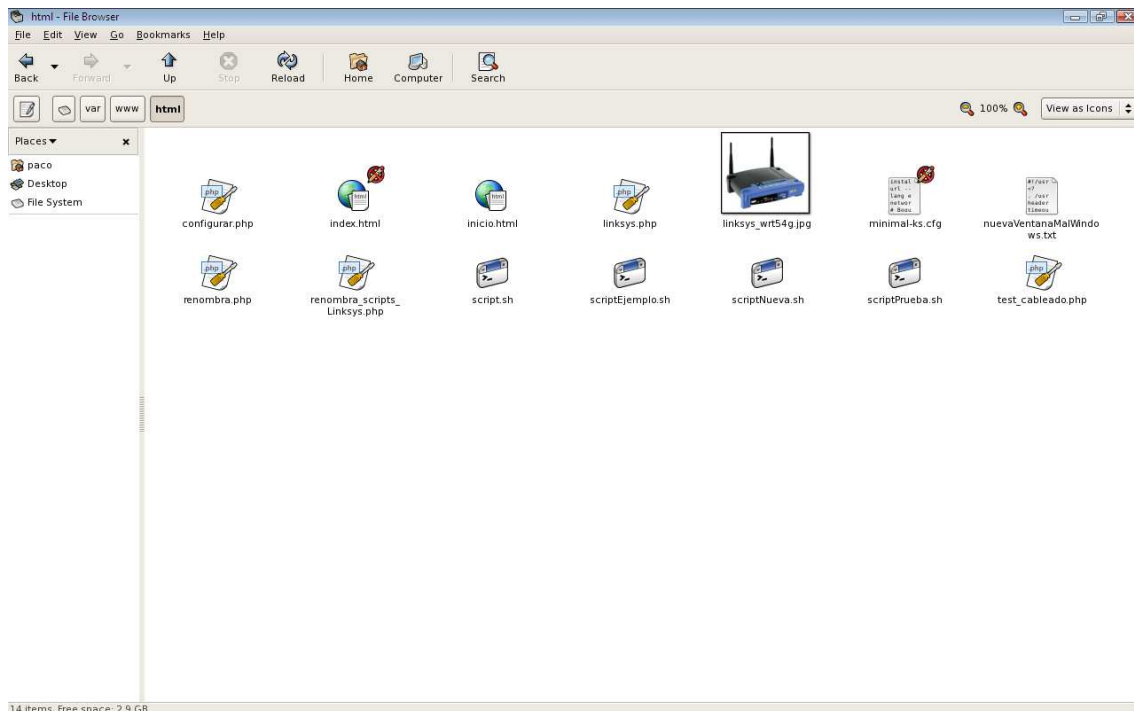


Ilustración 2.12: Vista del administrador de archivos Nautilus

Configuración interfaz web de usuario + VLANs routers Linksys WRT54GL

Al entrar en esta opción se accede a un formulario HTML mejorado con Javascript. Los usuarios administradores completan dicho formulario modificando sus controles de una manera sencilla (introduciendo texto, seleccionando objetos de un menú, etc.) según las características de configuración de los encaminadores que se deseen, antes de enviar el resultado mediante un simple botón al servidor para que lo procese.

El servidor cuando recibe los datos, los interpreta mediante un programa PHP encargado de generar el script correspondiente para la posterior configuración de los encaminadores según los datos introducidos.

Con este formulario y su procesamiento podemos crear cientos de scripts diferentes y almacenarlos en el servidor con el objetivo final de utilizarlos al comienzo de cada práctica.

Tener en cuenta que este script será el mismo para todos los encaminadores, por lo que en este formulario sólo se han tratado aspectos globales como la configuración de la interfaz web del usuario (eliminar y añadir pestañas) o la distribución de las posibles VLANs, dejando los posibles cambios de aspectos específicos a modificar durante el desarrollo de la práctica, como la dirección IP, puerta predeterminada, etc. de cada dispositivo para realizarse de forma individual en los menús web de cada uno o mediante scripts/comandos que afecten a un sólo dispositivo, todo esto explicado con detalle en los anexos D y E.

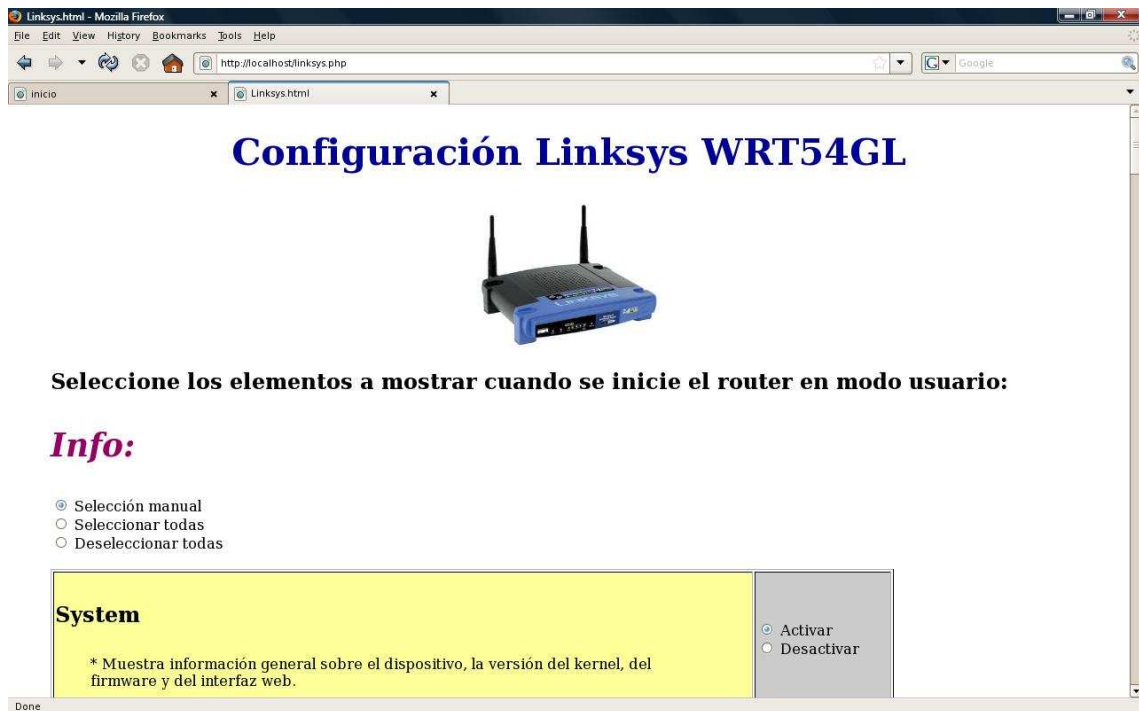


Ilustración 2.13: Interfaz de usuario configuración script Linksys WRT54GL

Selección script Linksys

El firmware modificado en los encaminadores Linksys sólo acepta la carga de un script cuyo nombre sea *script.sh*. Por este motivo, se realizan dos programas PHP que muestren todos los scripts almacenados en el servidor (pueden haber sido creados mediante la interfaz de usuario anterior o manualmente) para elegir el administrador aquél que se desee y automáticamente se realice el cambio de nombre, conservando siempre el original. Con esto se consigue que los encaminadores se configuren con el script deseado tras reiniciarse sin la necesidad de cambiar manualmente los nombres de los scripts cada vez que se necesiten.



Ilustración 2.14: Interfaz de usuario selección script.sh

Configuración routers Linksys

Acceso directo a la interfaz web introducida en la modificación del firmware de fábrica por un proyecto anterior. Como se comentó anteriormente, se puede utilizar este acceso por si se tiene que realizar algún cambio que afecte individualmente a un solo encaminador durante el desarrollo de la práctica, ya que la configuración global conjunta de todos los encaminadores se hace a través de la creación de scripts mediante formulario como se ha comentado en la sección anterior. Destacar que los cambios no tendrán efecto tras el reinicio del dispositivo a menos que se indique lo contrario.

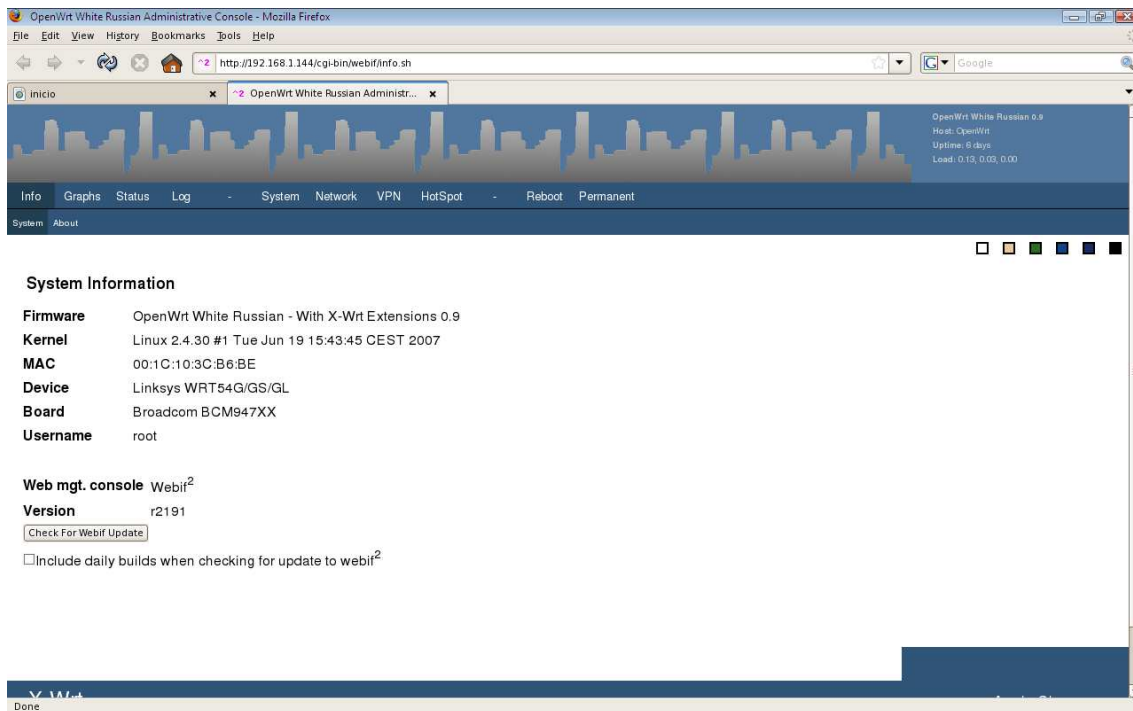


Ilustración 2.15: Interfaz de usuario configuración Linksys WRT54GL

Si se accede a esta opción con una cuenta de usuario (alumno), las características que se mostrarán serán las configuradas por el administrador en una previa creación del script de inicio mediante las interfaces anteriores o en ausencia del citado script, la configuración por defecto.

Configuración unidad de distribución de alimentación AP7922

Acceso directo a la interfaz de usuario proporcionada por el fabricante mediante el protocolo HTTPS configurada como se explicó en apartados anteriores. A través de la misma es posible crear, cargar o guardar la configuración que se desee, funcionalidades principales en el objetivo final de esta automatización. Esto se realiza vía ftp descargando o guardando un fichero de configuración inicial (config.ini) vía ftp con el servidor.

Adicionalmente, como se comentó en la configuración del dispositivo, se activa y se permite el acceso a una cuenta de usuario (alumno) que dispone sólo de permisos de lectura.

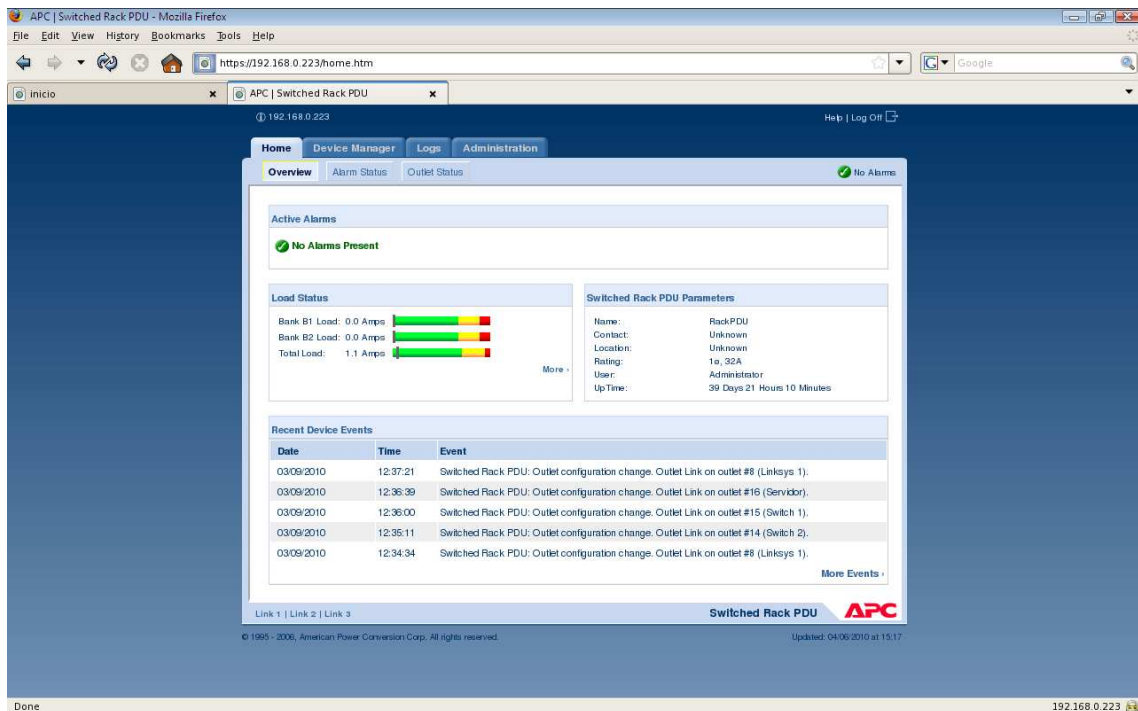


Ilustración 2.16: Interfaz de configuración unidad de distribución de alimentación AP7922

Configuración switches Dell PowerConnect 3424

Acceso directo a la interfaz de usuario proporcionada por el fabricante mediante el protocolo HTTPS configurada como se explicó en apartados anteriores. Mediante la misma el dispositivo se puede reiniciar sin guardar los cambios, o guardándolos, además de permitir almacenar y cargar configuraciones para su posterior uso, funcionalidades éstas buscadas en el objetivo final de automatización. Estas operaciones se realizan cargando o descargando un fichero de configuración en modo texto (stupCfg.txt, aunque puede renombrarse siempre que se conserve la extensión de fichero de texto), bien vía TFTP o vía HTTP, ambos protocolos instalados y configurados en el servidor.

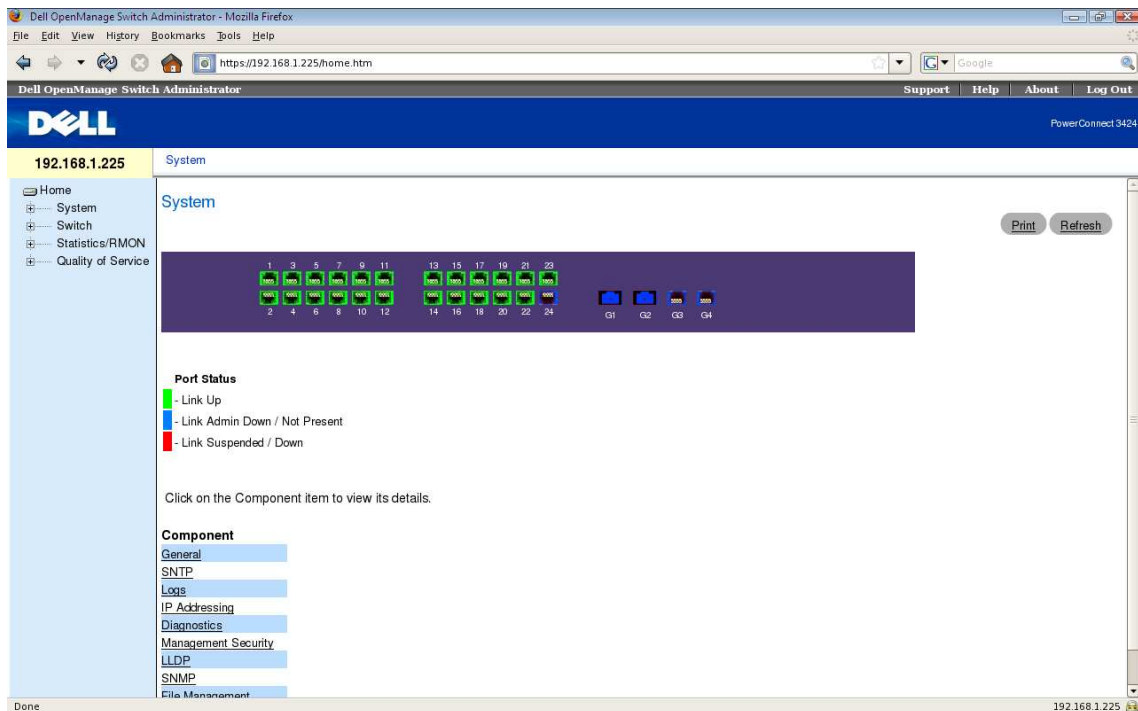


Ilustración 2.17: Interfaz de usuario configuración Switch Dell PowerConnect 3424

Test conexiones

Dada la gran cantidad de cables y conexiones entre todos los dispositivos del laboratorio se realiza un programa en lenguaje PHP para que compruebe, de una forma similar al comando *ping*, si están activas o desconectadas, evitándose el trabajo laborioso de comprobar cable a cable todas las conexiones, centrando el posible error en un solo dispositivo.

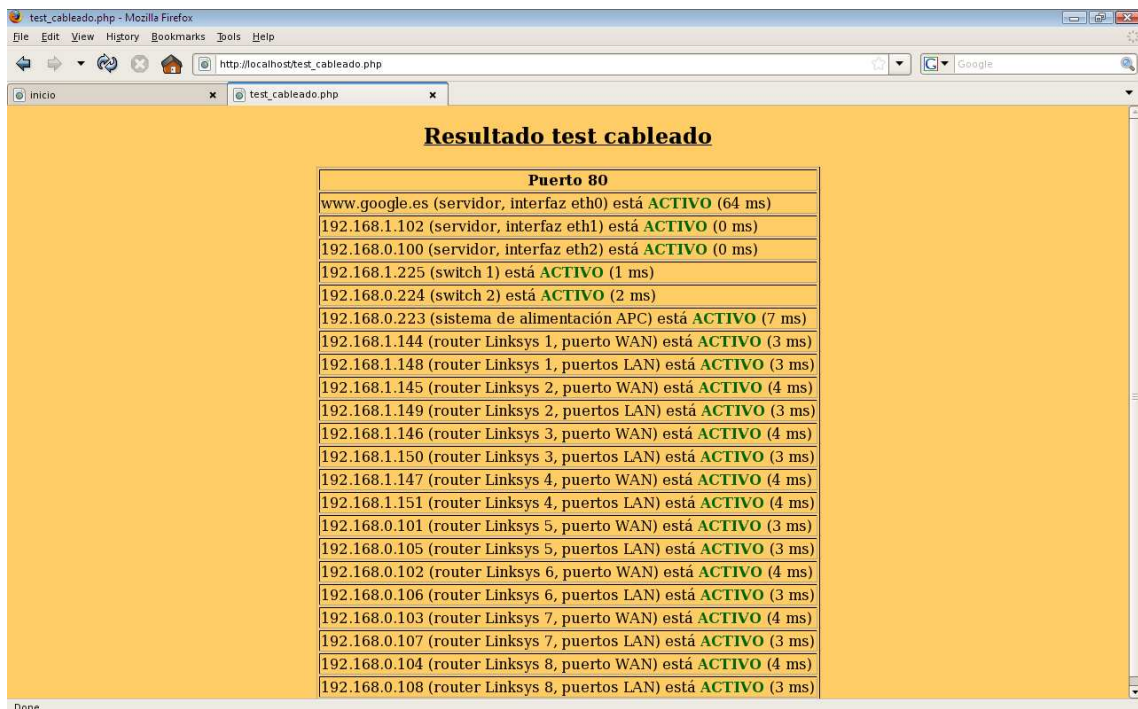


Ilustración 2.18: Interfaz resultado tras ejecutar test de conexiones

2.4. Principales problemas encontrados

A lo largo de todo el proyecto, han ido surgiendo imprevistos debido a varios y diferentes problemas, identificados y solucionados como se comenta a continuación:

- Firefox Mozilla no está homologado para usarse con la interfaz de usuario de los conmutadores Dell PowerConnect 3424, sin embargo, funciona correctamente y sólo se ha encontrado un comportamiento extraño: desde el menú inicial de la interfaz de usuario, al intentar acceder a dichos dispositivos no aparece la interfaz de usuario en una nueva ventana, sino que se solapa con la anterior. Esto se soluciona pulsando con el botón derecho en los enlaces a los dispositivos y clicando *Open Link in New Tab*, la nueva interfaz de usuario del dispositivo aparece en una nueva pestaña y funciona correctamente.

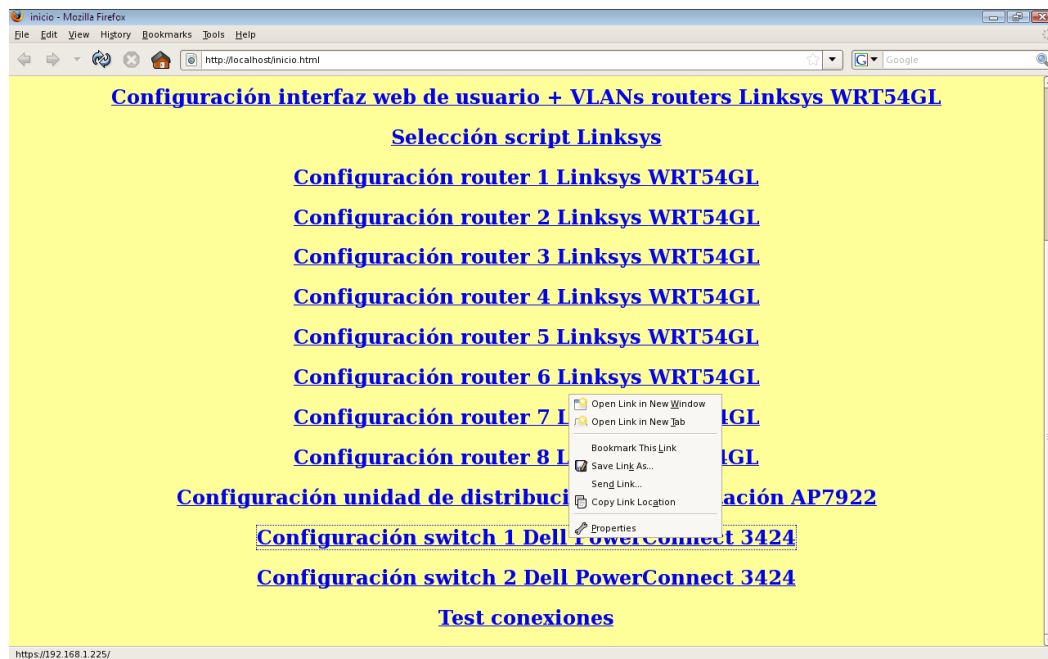


Ilustración 2.19: Ejecución botón derecho para acceso configuración switches

- Como se ha comentado a lo largo de esta memoria, el diseño del firmware modificado por un anterior trabajo fin de carrera de los encaminadores Linksys contiene un problema con el protocolo SSH, ya que el dispositivo no almacena las claves privadas tras reiniciarse tanto al actuar como cliente o como servidor remoto en dicho protocolo, es decir, sólo las guarda a nivel de sesión. Es especialmente crítico en el caso de actuar como servidor remoto ya que bloquea una nueva conexión como se puede ver en la siguiente ilustración:

```
paco@localhost:~  
[paco@localhost ~]$ ssh root@192.168.1.144  
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@  
@    WARNING: REMOTE HOST IDENTIFICATION HAS CHANGED!    @  
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@  
IT IS POSSIBLE THAT SOMEONE IS DOING SOMETHING NASTY!  
Someone could be eavesdropping on you right now (man-in-the-middle attack)!  
It is also possible that the RSA host key has just been changed.  
The fingerprint for the RSA key sent by the remote host is  
f1:a9:ae:32:6f:29:e8:c1:47:03:2e:5b:3a:a3:34:95.  
Please contact your system administrator.  
Add correct host key in /home/paco/.ssh/known_hosts to get rid of this message.  
Offending key in /home/paco/.ssh/known_hosts:4  
RSA host key for 192.168.1.144 has changed and you have requested strict checkin  
g.  
Host key verification failed.  
[paco@localhost ~]$
```

Ilustración 2.20: Mensaje de error al conectarse con los router Linksys vía SSH

Partiendo de la base de no modificar el firmware, este problema se puede solucionar de dos formas:

- ✓ Modificar el fichero de configuración del protocolo SSH (ssh_config desactivando "StrictHostKeyChecking no") permitiendo la conexión de todos los dispositivos sin comprobar si ha habido cambios en sus claves públicas y privadas, con el consiguiente riesgo de seguridad de conlleva.
- ✓ Borrar la entrada del encaminador correspondiente del fichero de claves almacenadas en el servidor.

Se elige esta segunda opción por motivos de seguridad, y ya que sería molesto ir borrando una por una todas las entradas, se diseña un pequeño script en el servidor, que borre automáticamente todas las entradas de los encaminadores cada vez que se reinicien (borraKeys.sh).

- Los ordenadores disponen de dos tarjetas de red, ambas toman la dirección IP mediante servidor DHCP, una vía servidor de la red Unizar y la otra, vía servidor del laboratorio. El problema está en que cierta información del DHCP sobre el encaminamiento del laboratorio ha de prevalecer sobre la del DHCP de la red Unizar y viceversa. Esta decisión acerca de qué prevalece no es fácilmente automatizable en Windows XP. Para solucionarlo, hay que modificar la métrica en ambas para definir qué tarjeta de red es la que más se usa por defecto de la siguiente manera:
 - ✓ Tarjeta de red con acceso a Internet: Ir a *Conexiones de red* y acceder a las propiedades de la tarjeta, luego seleccionar *Protocolo Internet (TCP/IP)* y pinchar en *Propiedades* y después en *Opciones Avanzadas*. Desmarcar métrica automática, y poner un "1" en Métrica de interfaz. Aceptar todo.



Ilustración 2.21: Pantalla modificación métrica

- ✓ Tarjeta de red con acceso red local: es necesario configurar esta segunda tarjeta de red como un adaptador secundario. Para ello repetimos los pasos anteriores con la salvedad de poner un "40" en Métrica de interfaz. Aceptar todo.

Por último, hace falta indicarle la ruta de acceso a esta segunda red, ya que por defecto siempre utilizaría la red con acceso a internet. Tras consultar a los administradores del laboratorio se decidió que la manera más sencilla de añadir esta ruta es mediante un archivo .bat al configurar la imagen de cada ordenador:

```
route -p add 192.168.0.0 mask 255.255.255.0 192.168.1.102
route -p add 192.168.1.0 mask 255.255.255.255 192.168.0.100
```

- Se tuvieron problemas iniciales con el servidor DHCP, ya que los encaminadores Linksys realizaban por defecto también este papel y había mezclas de direcciones IP erróneas. Es importante recordar que en la red del laboratorio sólo puede haber un servidor DHCP activo, es decir, se desactivó esta función en los encaminadores.
- Es importante señalar que el servidor posee una cuenta con privilegios de root pero que no es el propio root. Esto conlleva anteponer en la mayoría de comandos de administración o configuración del propio servidor *sudo*. El olvidarlo, puede inducir a errores.
- Cuidado con escribir a mano el script.sh de configuración de los encaminadores en entornos Windows sin usar las interfaces de usuario desarrolladas para este fin, ya que las tabulaciones puede que sean diferentes en Linux y no cargarán correctamente. La solución es borrar o modificar estas tabulaciones con un editor de texto en entornos Linux, como por ejemplo Vi.

CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES

En este capítulo se analiza el grado de cumplimiento de los objetivos marcados al inicio, se propondrán líneas futuras de trabajo, y por último se expondrán las motivaciones que han llevado a su realización así como las conclusiones personales.

3.1. Cumplimiento de objetivos y resultados

Si se analizan los objetivos planteados y los resultados obtenidos se puede comprobar que el grado de cumplimiento es prácticamente total. Durante este proyecto, se han realizado instalaciones, configuraciones, modificaciones y se han implementado funciones nuevas que afectaban a distintas áreas de lo que es la estructura de estos dispositivos. Durante el desarrollo, surgieron nuevos problemas a resolver que fueron analizados y propuestos como objetivos a cumplir.

Desde un punto de vista global, se puede decir que el proyecto ha conseguido transformar una serie de dispositivos vírgenes en unos cuyas funcionalidades se asemejan más a los de modelos profesionales, así como se ha conseguido aumentar la integridad y la versatilidad de los mismos, haciéndolos aptos para su uso en las sesiones de prácticas.

El objetivo de facilitar notablemente la tarea al profesorado también se ha conseguido a través de sencillas interfaces de usuario y adaptando los que proporcionaba el fabricante. Crear una nueva configuración de todos los dispositivos o cargar una existente para comenzar una práctica determinada en el laboratorio se realiza de una manera rápida, sencilla y sin necesidad de modificar físicamente la topología de la sala.

3.2. Líneas futuras

Como trabajo a realizar para futuros proyectos final de carrera, o simplemente como ampliación de los dispositivos se propone:

- Ampliar la conexión del laboratorio con nuevos dispositivos, utilizando la interfaz libre (eth3) del servidor y consiguiendo nuevas topologías.
- Como se ha comentado a la largo de la memoria y estudiado como alternativa, mejorar la seguridad en la configuración de los dispositivos con la ejecución de scripts mediante el protocolo SSH buscando alternativas para realizarse de una manera sencilla.
- Apilar conmutadores, en esta primera versión al poseer dos unidades únicamente, no es necesario, pero sí que sería muy útil si el número de unidades incrementara. Del mismo modo, si se llevara a cabo esta ampliación, mejorar las características del protocolo STP por estar configurado para un funcionamiento básico.

3.3. Motivaciones que han llevado a su realización

Desde que era pequeño, siempre me han gustado las redes, y siempre me preguntaba como funcionarían los servidores, el módem, los cables, los conmutadores, etc. Este proyecto era una oportunidad única para comprender el funcionamiento interno de todos estos dispositivos, así como una ocasión para poner en práctica todos los conocimientos aprendidos tanto dentro como fuera de la carrera. Trabajar con interfaces web de usuario, sobre Linux, y que además estuviera orientado a las redes, suponía juntar tres de las cualidades que más me atraen del mundo de la informática. El hecho de que sirviera además para una posible mejora de las sesiones de prácticas sobre Redes, suponía un punto adicional.

3.4. Conclusiones personales

En general estoy bastante contento con el resultado obtenido y de cómo se ha ido desarrollando el proyecto.

El proceso de desarrollo basado en invertir la mayor parte del tiempo en análisis antes de empezar a configurar o programar nada dio su fruto, ya que era crucial entender cómo funcionaban todos los dispositivos para aprovechar mejor el tiempo.

Asimismo cabe destacar la importancia de usar una buena metodología, así como tener claras las fases a seguir del proyecto. El hecho de fijar unas fechas tope para acabar ciertas fases es de vital importancia para que no se perpetúen eternamente durante la vida del proyecto.

En un plano más personal, he disfrutado haciendo este proyecto final de carrera. Siempre he pensado que a los informáticos lo que nos gusta no es programar, sino resolver problemas. Implementar la solución, o programar como se suele llamar, es casi siempre trivial, y personalmente, aburrido. Por ello, este proyecto me ofrecía retos de diversa índole que requería mucho tiempo pensando la solución, innovando y creando caminos donde no los había, y tan sólo una parte de implementación.

He visto como compañeros míos estaban horas y horas delante del ordenador depurando y programando código, mientras que yo he pasado las mismas horas con lápiz y papel, leyendo ficheros y dibujando esquemas. Asimismo, me ha servido también para entender y comprender muchos de los conceptos vistos en clase, de los cuales algunos nunca creí que tuvieran aplicación.

También es una experiencia el realizar una tarea en el que tú mismo eres tu máximo evaluador, y posiblemente la persona que más sepa sobre lo que estás haciendo. Y por una vez, me he sentido parte de un equipo de trabajo que intenta mejorar la docencia, he saltado la valla que separa a los alumnos con sus exámenes y a los profesores con sus tutorías. Ya empiezo a notar que la vida de estudiante se acaba y empieza el asumir responsabilidades y tomar decisiones de verdad.

ANEXO A. PLANIFICACIÓN

A.1. Estimación inicial

Las tareas a desarrollar a lo largo de la vida del proyecto han sido divididas en tres grupos principales atendiendo a su función dentro del mismo:

- **Investigación y Formación:** su función es la de aportar los conocimientos necesarios al autor del proyecto para garantizar la consecución de los objetivos. Consta de una primera fase de documentación y estudio sobre aspectos generales de sistemas operativos, de áreas más concretas como son los protocolos de autenticación o la gestión de paquetes y totalmente específicos como los manuales de usuario de cada dispositivo. Su objetivo es profundizar acerca de su funcionamiento, arquitectura, algoritmos, etc.
- **Desarrollo:** esta fase encapsula las tareas necesarias para la puesta en marcha, interconexión, adaptación al ámbito docente de los diferentes dispositivos y la automatización final del laboratorio mediante interfaces de usuario. Se realizará una fase de análisis inicial para definir claramente los objetivos. Posteriormente se diseñará e implementará cada una de las funcionalidades de las que consta el PFC. Las fases de diseño e implementación no tienen definido un límite estricto debido a que suele requerirse realimentación en el diseño. Se completará con el planteamiento y ejecución de las pruebas correspondientes.
- **Gestión del proyecto:** incluye todas aquellas tareas que no forman parte del sistema a desarrollar de forma directa, pero que son igualmente necesarias para garantizar un producto de calidad. Consta de tareas como el estudio de metodologías, reuniones, planificaciones o documentación.

En la siguiente ilustración se representa el diagrama Gantt con las distintas tareas del proyecto junto con su duración estimada, de forma que ayuda a tener una concepción aproximada de la duración del proyecto. El objetivo de esta herramienta es servir de guía con la idea de conseguir los hitos en las fechas planificadas o al menos tratar de minimizar los retrasos (los períodos en blanco son fechas de exámenes y período de vacaciones):

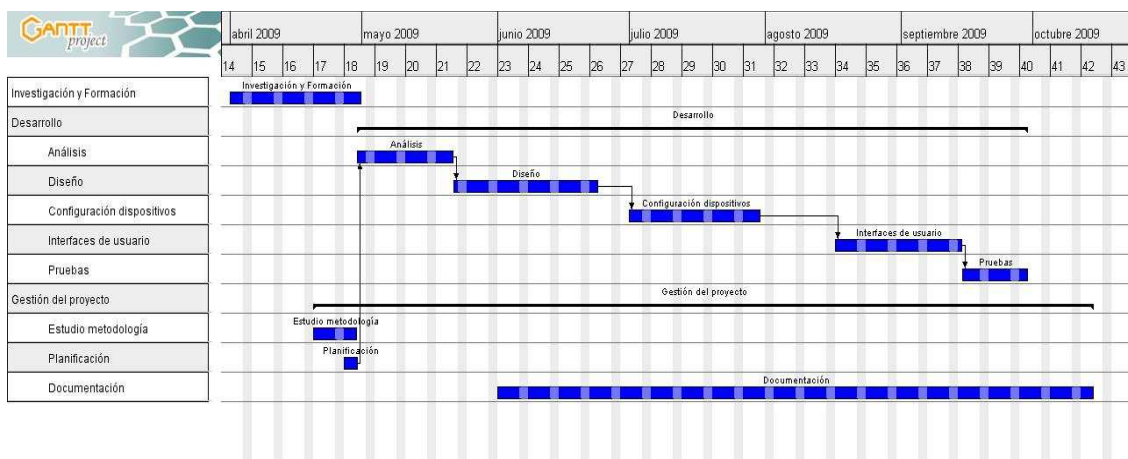


Ilustración A.1: Diagrama de Gantt de la planificación inicial

A.2. Tiempos finales

En esta sección se muestran los tiempos reales dedicados al proyecto. Definitivamente se han sucedido diversos imprevistos que han provocado desviaciones significativas respecto a las estimaciones iniciales.

Para comenzar, la primera fase de investigación y formación llevó más tiempo del previsto, provocado en gran parte por la poca experiencia del autor en las tecnologías utilizadas y la dificultad de conseguir manuales de calidad de los diferentes dispositivos.

Otra de las variaciones interesantes a comentar es la que afecta a la configuración de dispositivos, ya que ha sido complicado trabajar con ellos mientras se realizaban sesiones de prácticas en el laboratorio para no interferir en las mismas. Adicionalmente, la fase de desarrollo de las interfaces de usuario se alargó en el tiempo debido a las continuas mejoras introducidas y a la necesidad de realizar pruebas simultáneas para comprobar que se estaba en el buen camino.

Por último, por motivos de salud se ha tenido que hacer un paréntesis forzoso entre mediados de septiembre y finales de febrero. Evidentemente, este fue el punto del proyecto en el que se acumuló mayor retraso respecto a la previsión inicial ya que es una circunstancia que está fuera del alcance de cualquier previsión inicial.

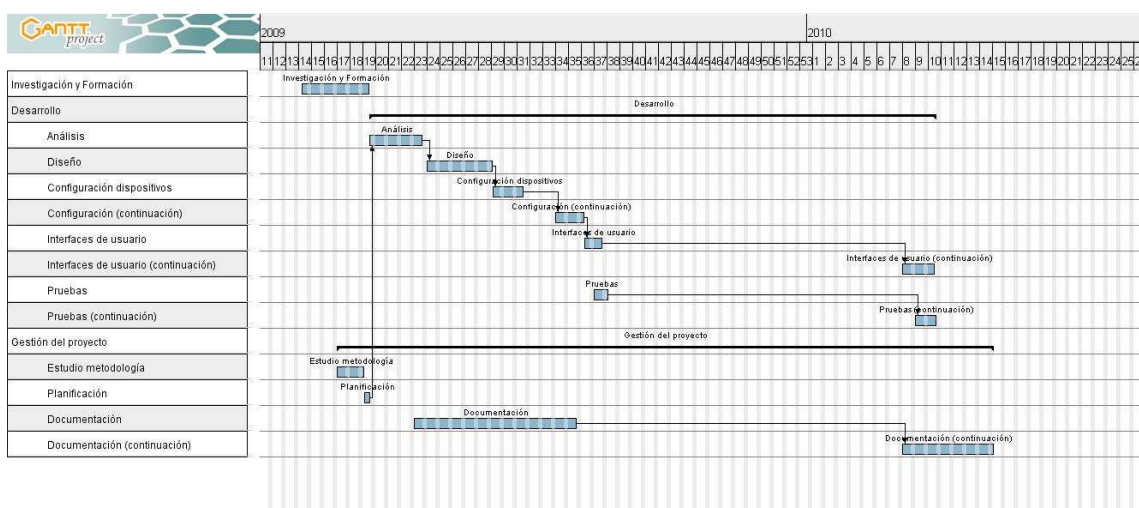


Ilustración A.2: Diagrama Gantt de los tiempos reales

ANEXO B. ANÁLISIS

En este apéndice se detalla de forma exhaustiva las características que debe cumplir el proyecto una vez finalizado. En primer lugar se definen los requisitos funcionales y no funcionales exigidos, posteriormente se detallan los casos de uso.

B.1. Análisis de requisitos

B.1.1. Análisis de requisitos funcionales

A continuación se describen los requisitos funcionales, encargados de especificar las funciones que las actividades a desarrollar deben ser capaz de realizar:

- *RF-1* Puesta en marcha, interconexión y adaptación al ámbito docente de cada uno de los dispositivos del laboratorio L1.02.
- *RF-2* Establecer distintas topologías lógicas de red en función de prácticas docentes concretas, permitiendo el uso de distintos protocolos de encaminamiento y configuraciones de equipos, sin tener que modificar la topología física.
- *RF-3* Automatizar de una manera sencilla la configuración de cada dispositivo. Dicha configuración debe poder cambiarse con facilidad y/o volver a su estado original al finalizar cada práctica.
- *RF-4* Diseñar e implementar sencillas interfaces de usuario a usar por el profesorado para la ordenación del funcionamiento de los equipos o adaptar las que proporcionaba el fabricante.
- *RF-5* Ajustarse a los requerimientos de cada práctica que se realice en el laboratorio.

B.1.2. Análisis de requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales son aquellos que describen atributos del sistema o atributos del entorno del sistema. A continuación se detallan los requisitos no funcionales que se han intentado cumplir:

- *RNF-1* Trabajar en un entorno multiplataforma.
- *RNF-2* Rapidez y seguridad en la comunicación entre dispositivos.
- *RNF-3* Las interfaces de usuario estarán basadas en sencillas páginas web que permitirán acceder a cualquier funcionalidad.
- *RNF-4* Documentar el modo de utilización de las interfaces de usuario para su posterior uso por parte del profesorado.

B.2. Casos de uso

Los casos de uso son descripciones de la interacción que deberá haber entre el usuario (actor) y el programa (sistema) para conseguir objetivos específicos. A continuación definiremos la comunicación y el comportamiento de las interfaces mediante su interacción con usuarios (profesores) y dispositivos. Para ello, se detallan los casos de uso, divididos para cada uno de los posibles escenarios:

1. Caso de uso "Crear script configuración Linksys"

- Descripción: Permite crear la configuración deseada para la interfaz web de usuario (alumnos) y para la distribución de los puertos creando VLANs de todos los encaminadores Linksys.
- Actores: Usuario.
- Precondiciones: La interfaz y el servidor web están activos y el usuario se ha autenticado.
- Flujo:
 - ✓ El usuario selecciona e introduce la configuración deseada atendiendo a una serie de opciones ofrecidas por el formulario de la interfaz.
 - ✓ Una vez que el usuario finaliza, envía los datos al servidor.
 - ✓ El servidor recibe y procesa los datos del formulario creando un script.
- Postcondición: Un script, *script.sh*, es creado. Los dispositivos deben ser reiniciados para auto configurarse con la carga del citado script.

2. Caso de uso "Configuración de un Linksys determinado"

- Descripción: permite modificar la configuración de un encaminador Linksys determinado.
- Actores: Usuario.
- Precondiciones: La interfaz y el servidor web están activos y el usuario se ha autenticado.
- Flujo:
 - ✓ Mediante la interfaz del dispositivo, el usuario modifica las opciones de configuración que desee.
- Postcondición: El dispositivo se configura según los cambios introducidos por el usuario, perdiéndose los mismos al reiniciarse el encaminador si no se indica que dichos cambios sean permanentes.

3. Caso de uso "Crear configuración conmutadores Dell PowerConnect 3424"

- Descripción: permite crear la configuración deseada para cada conmutador.
- Actores: Usuario.
- Precondiciones: La interfaz y el servidor web están activos y el usuario se ha autenticado.
- Flujo:
 - ✓ El usuario selecciona e introduce la configuración deseada en la interfaz de usuario.
 - ✓ Guarda la configuración en un fichero de texto y la envía al servidor vía HTTP o TFTP (o la guarda en el propio dispositivo) a través de la interfaz.

- Postcondición: Un fichero de texto con los datos de configuración introducidos por el usuario es creado y almacenado en el servidor o en el propio dispositivo. Si no se indica expresamente que dicha configuración sea almacenada, los cambios se pierden al reiniciar el dispositivo.

4. Caso de uso “Crear configuración Unidad de distribución de alimentación APC AP7922”

- Descripción: permite crear la configuración deseada para la PDU.
- Actores: Usuario.
- Precondiciones: La interfaz y el servidor web están activos y el usuario se ha autenticado.
- Flujo:
 - ✓ El usuario selecciona e introduce la configuración deseada en la interfaz de usuario.
 - ✓ Guarda la configuración en un fichero (config.ini) y la envía al servidor vía FTP a través de la interfaz.
- Postcondición: Un fichero config.ini es almacenado en el servidor con los datos de configuración introducidos por el usuario.

5. Caso de uso “Seleccionar script configuración Linksys”

- Descripción: permite seleccionar el script almacenado con anterioridad en el servidor para que se convierta en *script.sh*.
- Actores: Usuario.
- Precondiciones: La interfaz y el servidor web están activos y el usuario se ha autenticado.
- Flujo:
 - ✓ El usuario selecciona el script que desea utilizar de los mostrados por pantalla.
- Postcondición: El script seleccionado cambia de nombre a *script.sh* conservando el original. Los encaminadores deben ser reiniciados para configurarse con dicho script.

6. Caso de uso “Cargar configuración conmutadores Dell PowerConnect 3424”

- Descripción: permite configurar el dispositivo mediante un archivo de configuración creado con anterioridad.
- Actores: Usuario.
- Precondiciones: La interfaz y el servidor web están activos y el usuario se ha autenticado. Se posee un archivo de configuración en formato de texto.
- Flujo:
 - ✓ El usuario selecciona y carga el archivo de configuración que desee mediante la interfaz de usuario.

- Postcondición: El dispositivo se configura según las características del archivo cargado. Dicha configuración es eliminada tras un reinicio del dispositivo o la carga de un nuevo archivo.

7. Caso de uso “Cargar configuración Unidad de distribución de alimentación APC AP7922”

- Descripción: permite configurar el dispositivo mediante un archivo de configuración creado con anterioridad.
- Actores: Usuario.
- Precondiciones: La interfaz y el servidor web están activos y el usuario se ha autenticado. Se posee un archivo de configuración *config.ini*.
- Flujo:
 - ✓ El usuario selecciona y carga el archivo de configuración que desee mediante la interfaz de usuario.
- Postcondición: El dispositivo se configura según las características del archivo cargado. Dicha configuración permanece hasta la carga de un nuevo archivo.

8. Caso de uso “Chequear conexiones físicas”

- Descripción: permite un test de las conexiones entre dispositivos a través del servidor, similar al comando ping.
- Actores: Usuario.
- Precondiciones: La interfaz y el servidor web están activos y el usuario se ha autenticado.
- Postcondición: Se muestra por pantalla el resultado del test, mostrando el estado de todos los dispositivos (activo o inactivo).

ANEXO C. ESQUEMAS DE CONEXIONES

A continuación se presenta el esquema general del laboratorio L1.02, con el armario rack que contiene todos los dispositivos explicados en esta memoria y los ordenadores repartidos en cuatro bancadas a la largo de la sala:

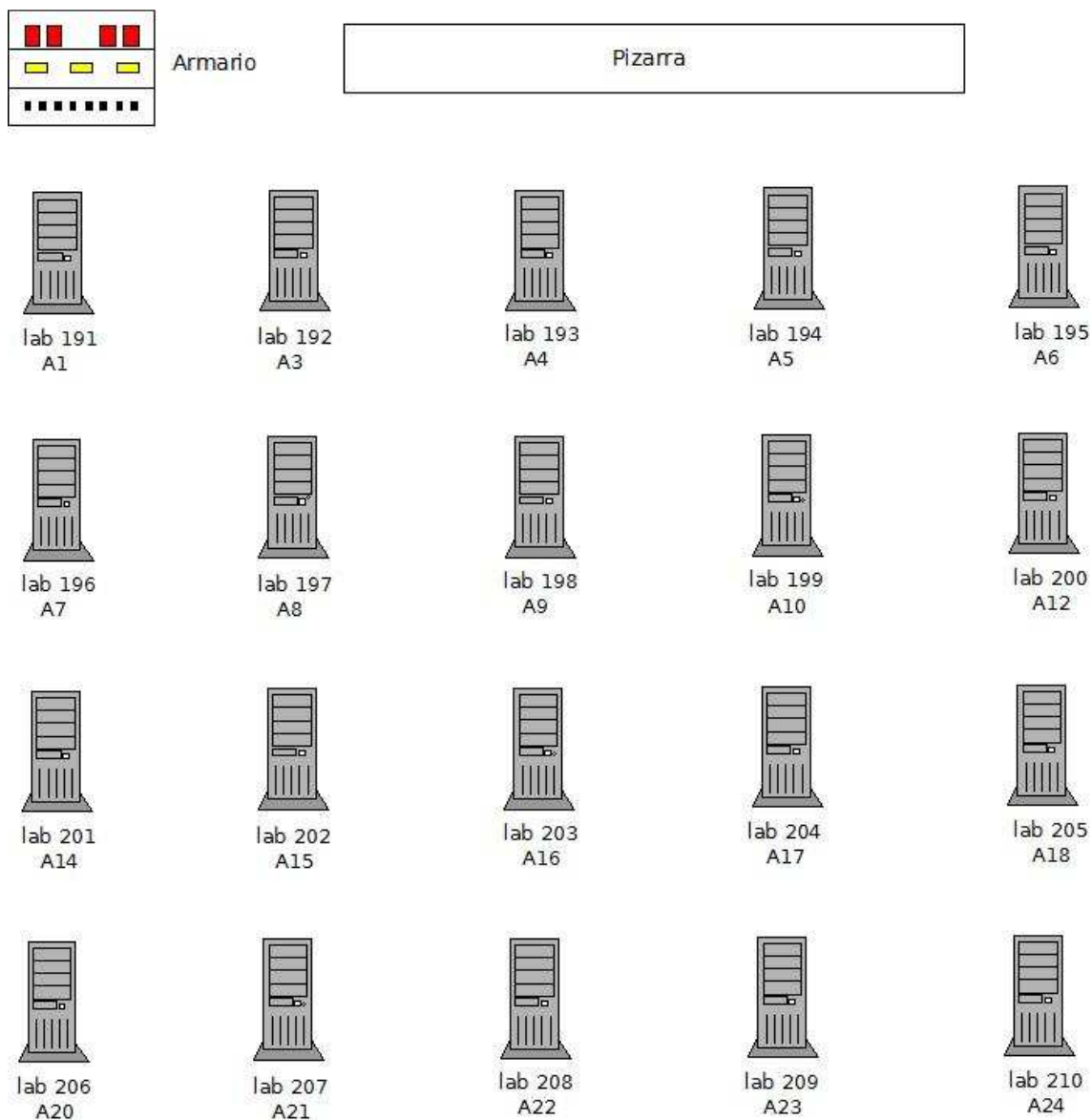


Ilustración C.1: Esquema general laboratorio L1.02

Tras consultar las necesidades de las prácticas a desarrollar en el laboratorio se decidió conectar todos los dispositivos físicamente como muestra en la siguiente ilustración, topología justificada en la sección *Conexiones entre dispositivos* del capítulo 2 de esta memoria:

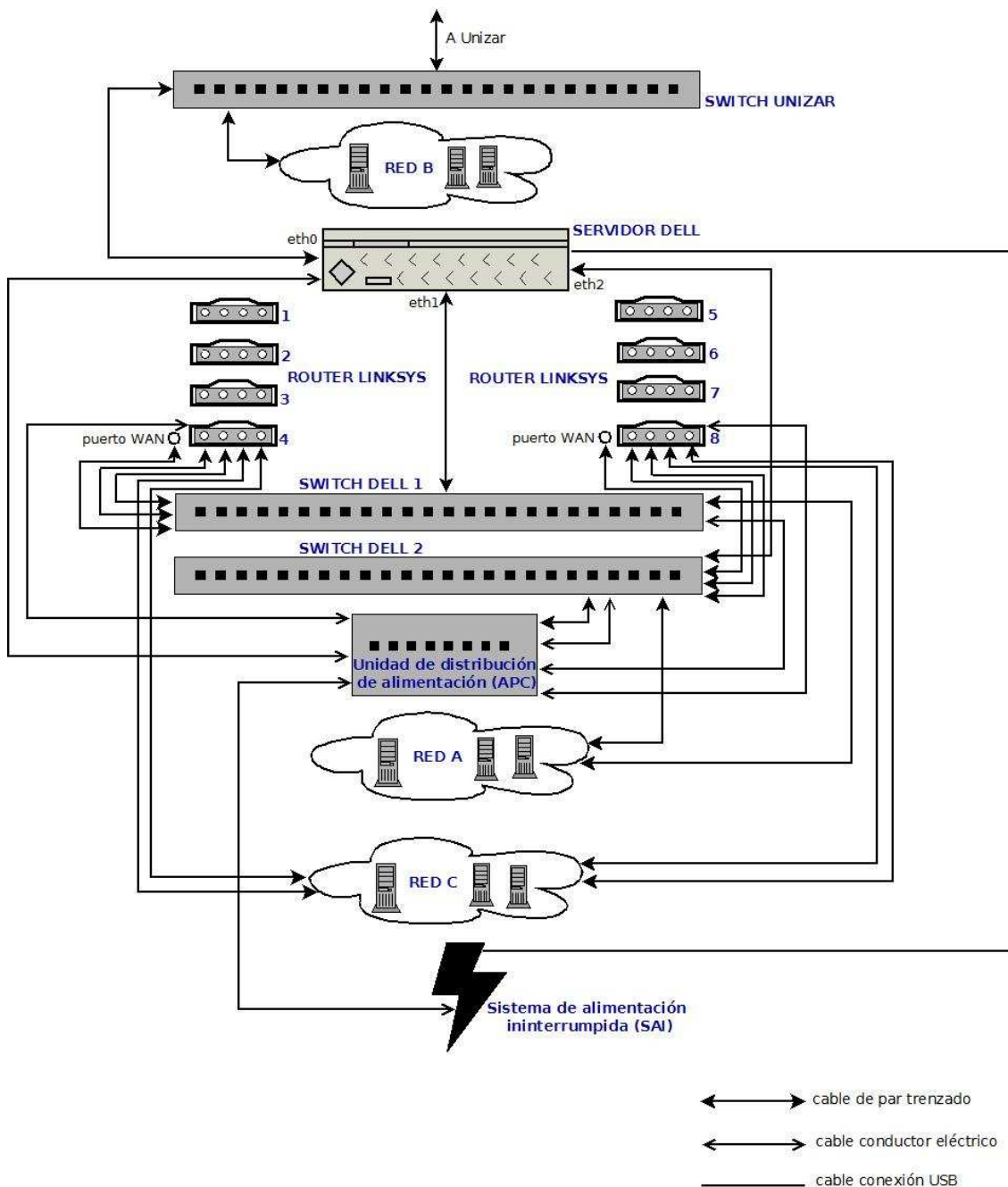


Ilustración C.2: Conexiones físicas entre dispositivos

Destacar que los encaminadores Linksys están numerados y divididos en dos columnas, por una parte Linksys 1, Linksys 2, Linksys 3 y Linksys 4, por otra, Linksys 5, Linksys 6, Linksys 7 y Linksys 8. Por cuestiones del diseño del dibujo no se completaron todas las conexiones de los mismos, aunque sí que se detalla un modelo de conexiones de cada columna (Linksys 4 y Linksys 8).

A continuación se desglosa con detalle las conexiones de los conmutadores y de la unidad de distribución de alimentación (PDU):

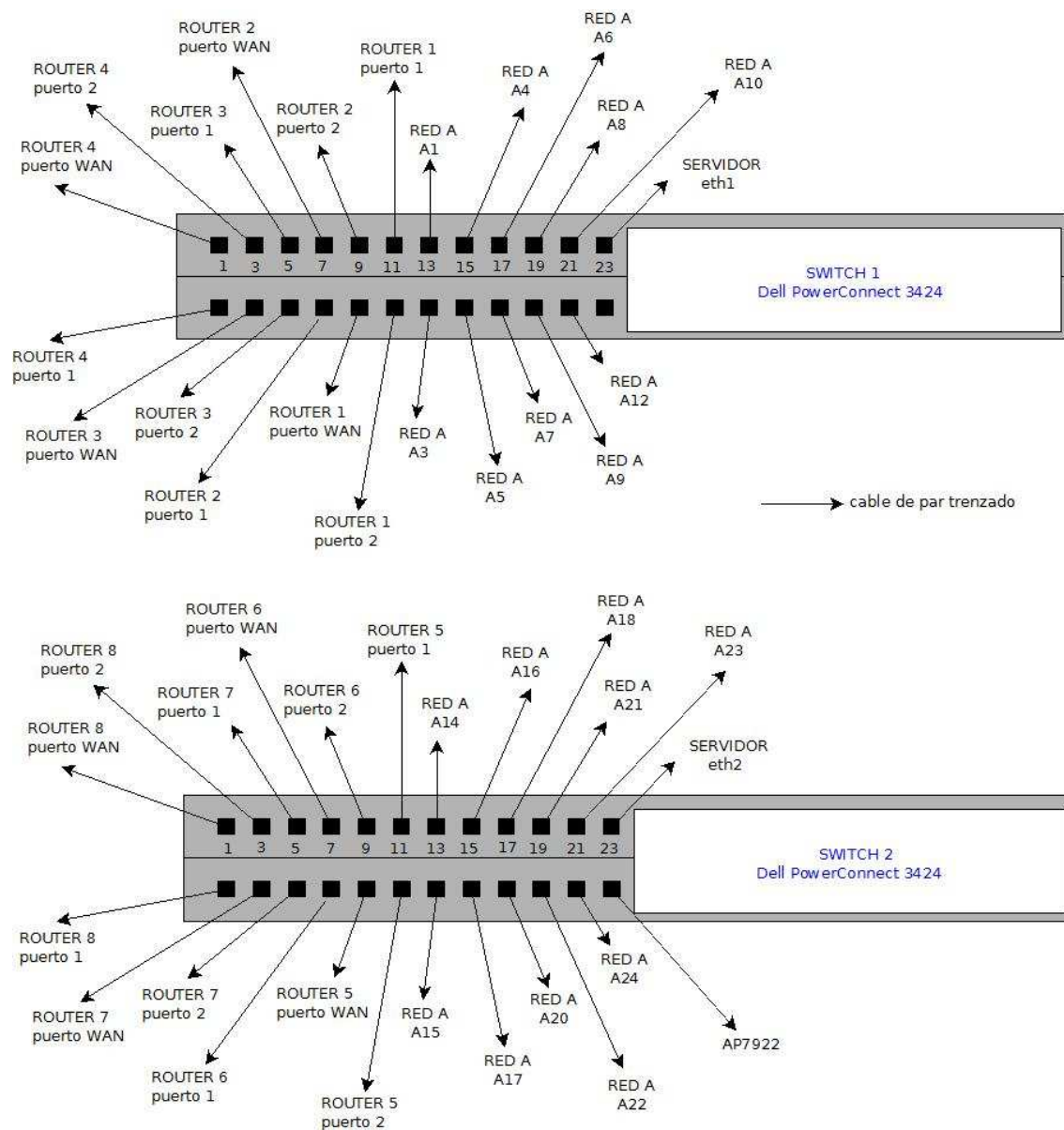


Ilustración C.3: Conexiones físicas conmutadores

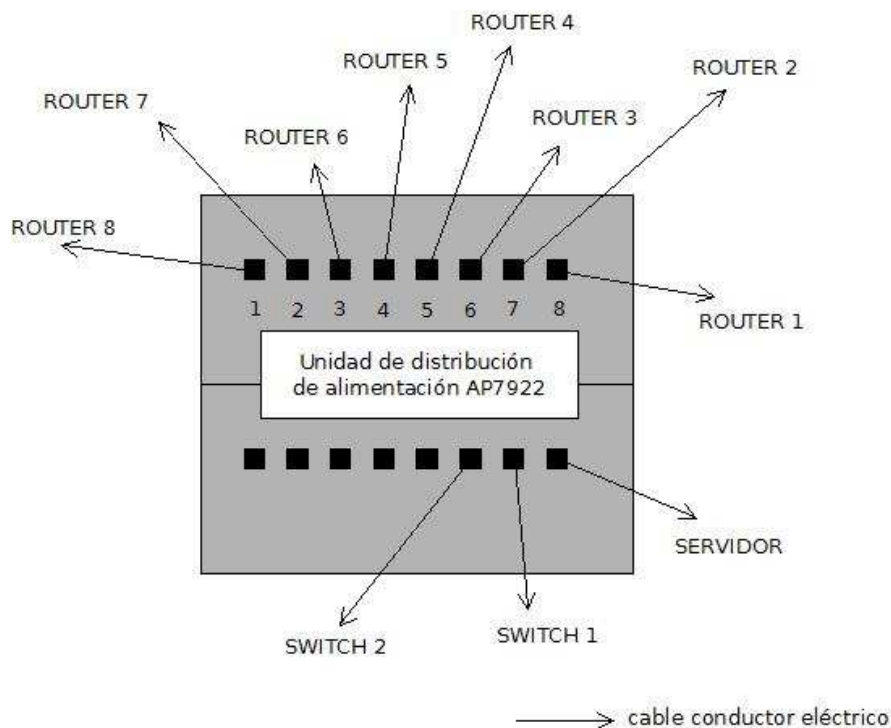


Ilustración C.4: Conexiones físicas PDU

Por último se expone en el siguiente cuadro las direcciones MAC e IP de cada uno de los dispositivos:

Dispositivo	MAC	IP
Switch 1	00:19:b9:8e:44:8f	192.168.1.225
Switch2	00:19:b9:8e:3f:cd	192.168.0.224
PDU	00:c0:b7:cc:63:bf	192.168.0.223
Linksys 1	00:1c:10:3c:b6:be	192.168.1.144
Linksys 1 puertos LAN		192.168.1.148
Linksys 2	00:1c:10:3c:b6:85	192.168.1.145
Linksys 2 puertos LAN		192.168.1.149
Linksys 3	00:1c:10:3c:b6:c7	192.168.1.146
Linksys 3 puertos LAN		192.168.1.150
Linksys 4	00:1c:10:3c:bf:04	192.168.1.147
Linksys 4 puertos LAN		192.168.1.151
Linksys 5	00:1c:10:44:40:01	192.168.1.101
Linksys 5 puertos LAN		192.168.0.105
Linksys 6	00:1c:10:3c:b6:34	192.168.0.102
Linksys 6 puertos LAN		192.168.0.106
Linksys 7	00:1c:10:3c:b6:9a	192.168.0.103
Linksys 7 puertos LAN		192.168.0.107
Linksys 8	00:1c:10:3c:aa:64	192.168.0.104

Linksys 8 puertos LAN		192.168.0.108
lab102-191	00:50:da:2a:35:24	192.168.1.152
lab102-192	00:04:76:0c:1b:a9	192.168.1.153
lab102-193	00:50:da:2a:35:41	192.168.1.154
lab102-194	00:50:da:2a:35:b6	192.168.1.155
lab102-195	00:50:da:2a:35:3f	192.168.1.156
lab102-196	00:50:da:2a:35:40	192.168.1.157
lab102-197	00:50:da:63:4c:9b	192.168.1.158
lab102-198	00:50:da:2a:35:7b	192.168.1.159
lab102-199	00:50:da:2a:35:6d	192.168.1.160
lab102-200	00:50:da:2a:35:0b	192.168.1.161
lab102-201	00:50:da:2a:35:0b	192.168.0.109
lab102-202	00:50:da:2a:34:eb	192.168.0.110
lab102-203	00:50:da:28:83:93	192.168.0.111
lab102-204	00:50:da:2a:32:be	192.168.0.112
lab102-205	00:50:da:2a:35:60	192.168.0.113
lab102-206	00:50:da:2a:35:03	192.168.0.114
lab102-207	00:50:da:2a:35:81	192.168.0.115
lab102-208	00:50:da:1b:a5:a3	192.168.0.116
lab102-209	00:50:da:2a:32:c7	192.168.0.117
lab102-210	00:50:da:2a:35:01	192.168.0.118

ANEXO D. MANUAL DE USUARIO

Es importante señalar que el siguiente Manual de usuario se refiere a un usuario administrador (profesor) encargado de la configuración del laboratorio al inicio de cada sesión de prácticas. No confundir con el usuario de dichas prácticas (alumno).

Para acceder a la configuración del laboratorio se puede realizar por dos caminos distintos llegando en ambos a la interfaz inicial y a partir de ese momento, no haber diferencias entre ellas:

Vía servidor desde cualquier ordenador que tenga instalado *PuTTY*, *Xming* y acceso a internet

Iniciar *Xming* y a continuación configurar la conexión remota mediante *PuTTY*. Para ello, permitir las conexiones gráficas remotas como se muestra en la siguiente ilustración (*Enable X11 forwarding*), introducir la dirección IP del servidor 155.210.154.100 y pulsar *Open*. Nos pedirá nombre de usuario y contraseña (*paco/PacoRedes1*).

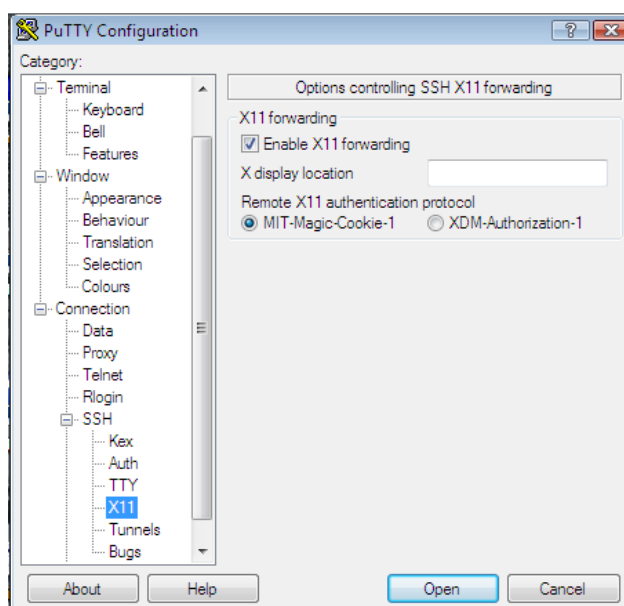


Ilustración D.1: Permitir conexión gráfica remota con el servidor

Una vez autenticados, en la línea de comandos escribir *firefox&*. Aparece la pantalla de inicio del navegador Mozilla Firefox del servidor, configurado para que sea la pantalla inicial de la configuración del laboratorio (*http://localhost/inicio.html*).

Vía cualquier ordenador del laboratorio L1.02

Abrir cualquier explorador web e introducir la dirección IP del servidor en la barra de direcciones (es válida cualquier dirección IP de las interfaces del servidor: 155.210.154.100, 192.168.1.102, 192.168.0.100) de la siguiente forma: *http://@IP/inicio.html*. Aparece la pantalla inicial de configuración del laboratorio.

D.1. Interfaz de usuario inicial

Es la interfaz desde la que se puede acceder a cualquier opción de configuración del laboratorio. Simplemente con hacer clic encima de cualquier opción, aparece una nueva pestaña (o ventana dependiendo del navegador web) solicitando un usuario y contraseña de acceso. Comentar, cómo se señaló en la sección de Problemas de esta memoria, la necesidad

de indicarle expresamente al navegador que abra en otra pestaña (o ventana) la interfaz de configuración en el caso de los conmutadores Dell PowerConnect 3424.

Las opciones que presenta dicha interfaz, explicadas con detalle a continuación, son:

- Configuración interfaz web de usuario + VLANs routers Linksys WRT54GL
- Selección script Linksys
- Configuración router 1 Linksys WRT54GL
- Configuración router 2 Linksys WRT54GL
- Configuración router 3 Linksys WRT54GL
- Configuración router 4 Linksys WRT54GL
- Configuración router 5 Linksys WRT54GL
- Configuración router 6 Linksys WRT54GL
- Configuración router 7 Linksys WRT54GL
- Configuración router 8 Linksys WRT54GL
- Configuración unidad de distribución de alimentación AP7922
- Configuración switch 1 Dell PowerConnect 3424
- Configuración switch 2 Dell PowerConnect 3424
- Test de conexiones

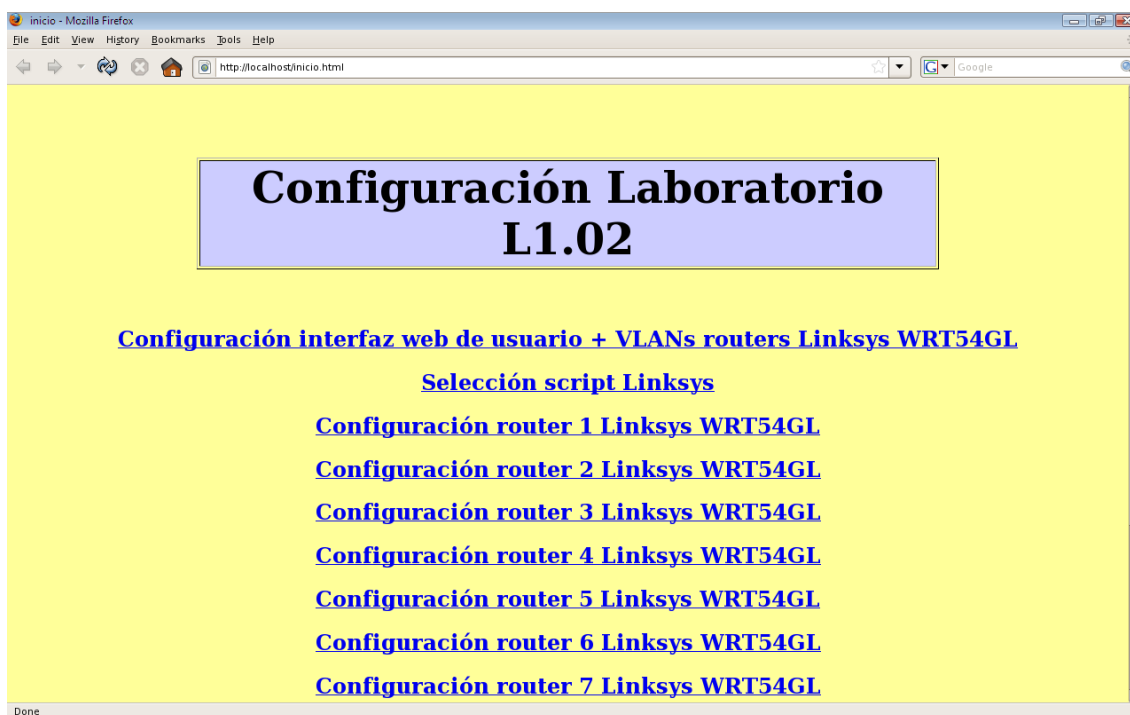


Ilustración D.2: Vista de la interfaz de usuario inicial

D.2. Configuración interfaz web de usuario + VLANs routers Linksys WRT54GL

Al hacer clic para acceder a dicha interfaz lo primero es autenticarse con nombre de usuario y contraseña (*root/PacoRedes1*).

Se accede a un formulario web (<http://localhost/linksys.php>) dividido en dos secciones, la primera de ellas dedicada a la configuración de la interfaz web de usuario (alumno) y la segunda a la distribución de los puertos del dispositivo formando VLANs.

La configuración de la interfaz web de usuario es fundamentalmente añadir, hacer visibles u ocultar pestañas y sub-pestañas de la interfaz web por defecto, restringiendo su uso al alumnado según sea necesario en la práctica.

A continuación se expone una breve descripción de las citadas pestañas y sub-pestañas por defecto, explicadas también en la propia interfaz de usuario del formulario:

- Info: Información sobre el dispositivo.
 - ✓ Status: Muestra información general sobre el dispositivo, la versión del kernel, del firmware y de la interfaz web.
 - ✓ About: Muestra información sobre los desarrolladores de OpenWrt.
- Status: Muestra información sobre procesos, carga, conexiones, etc.
 - ✓ System: Información sobre los recursos disponibles del dispositivo, espacio ocupado/libre, porcentaje de uso de la RAM, etc.
 - ✓ Interfaces: Información sobre la red LAN, WAN, y WLAN: Direcciones MAC, servidores DNS, paquetes transmitidos, recibidos, etc.
 - ✓ DHCP Clients: En caso de que el servidor DHCP del encaminador este habilitado, aquí se puede encontrar los clientes que han pedido y se les ha asignado una dirección IP, así como el tiempo restante hasta la renovación de la misma.
 - ✓ Netstat: Muestra un listado de las conexiones activas de un ordenador, tanto entrantes como salientes. La información que resulta del uso del comando incluye el protocolo en uso, las direcciones IP tanto locales como remotas, los puertos locales y remotos utilizados y el estado de la conexión.
 - ✓ Diagnostics: Permite ejecutar las herramientas *ping* y *traceroute* para evaluar el estado de la red.
- Syslog: Configuración del estándar para el envío de mensajes de registro.
 - ✓ Syslog settings: Permite configurar los parámetros del protocolo Syslog.
 - ✓ Syslog: Muestra los mensajes prefijados del protocolo Syslog.
 - ✓ Firewall log view: Permite añadir y listar las direcciones IP del cortafuegos correspondiente al protocolo syslog.
- System: Configuración del sistema en general.
 - ✓ Settings: Posibilidad de ajustar la hora, la fecha, el idioma, etc.
 - ✓ Backup: Realiza una copia de seguridad de todas los archivos de configuración (existentes en /etc) y de las variables de entorno. Permite cargar una copia salvada anteriormente.
- Network: Permite configurar la red.

- ✓ WAN-LAN: Permite configurar el puerto WAN (Wide Area Network) y su relación con la red local LAN (Local Area Network), así como la IP que tiene el encaminador dentro de esta red.
- ✓ VLAN: Permite añadir, editar, y borrar redes de área local virtuales.
- ✓ Firewall: Permite añadir, modificar, y borrar las reglas del cortafuegos, consiguiendo de esta manera filtrar paquetes o incluso redireccionar paquetes a otras máquinas dependiendo de la dirección IP de origen, puerto, dirección IP destino, etc.
- ✓ DHCP: aquí se puede configurar el servidor DHCP y a que redes va a servir direcciones.
- ✓ Dnsmasq: configuración extendida del servidor DHCP.
- ✓ Hosts: Permite añadir, modificar y borrar los nombres de dominio conocidos y su dirección IP equivalente.
- ✓ Tweaks: Configuración avanzada de la red: Tamaño de los paquetes, número máximo de conexiones, etc.
- Reboot: Desde aquí se puede reiniciar el dispositivo (se perderán todos los cambios).

En el formulario el nombre de cada pestaña aparece en color morado, seguido se sitúan tres botones de opciones mutuamente excluyentes y a continuación un cuadro con todas las sub-pestañas ofrecidas por defecto. Para cada pestaña se puede señalar:

- Selección manual: si se elige esta opción la pestaña correspondiente será visible con las sub-pestañas que se seleccionen manualmente con el botón Activar/Desactivar.
- Deseleccionar todas: no aparecerá ni la pestaña correspondiente ni las consiguientes sub-pestañas.
- Seleccionar todas: si se elige esta opción aparecerán todas las pestañas y sub-pestañas ofrecidas por defecto en la interfaz.

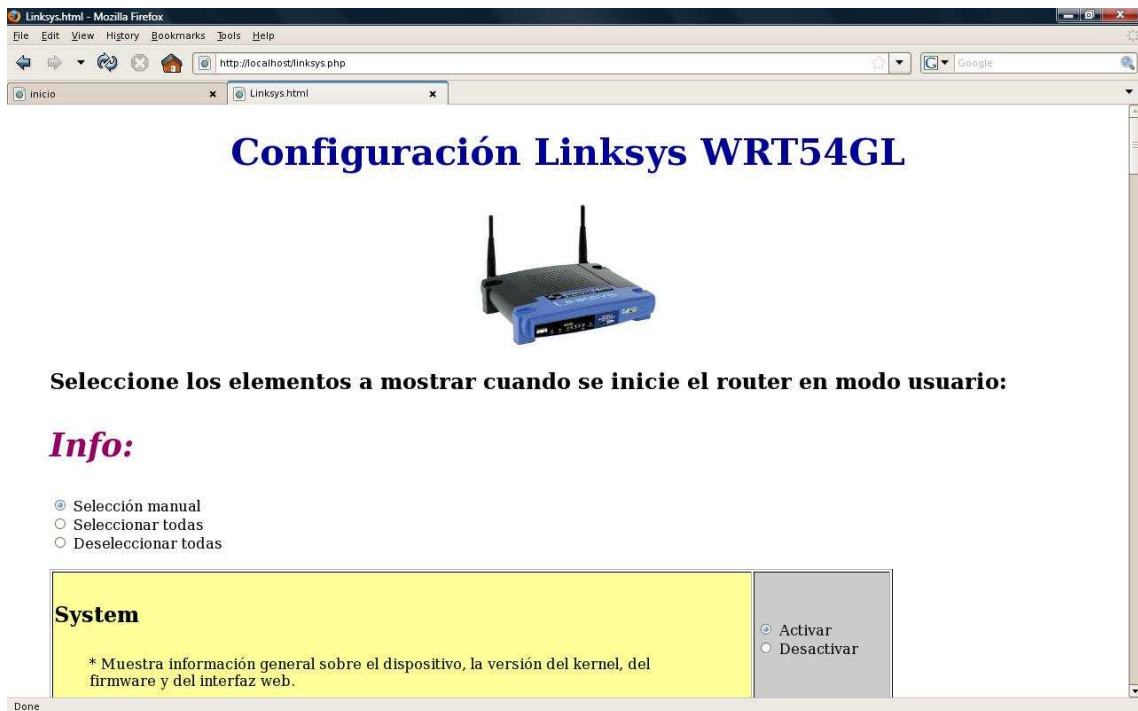


Ilustración D.3: Vista selección de pestañas interfaz web de usuario

Posteriormente, en esta misma sección, aparece en el formulario un campo de texto para introducir pequeños comentarios acerca de la práctica a desarrollar, texto que se mostrará en una nueva pestaña de la interfaz de usuario (alumno) llamada *Práctica*.

Comentarios acerca de la práctica:

Ilustración D.4: Campo de texto para introducir comentarios de la práctica

Adicionalmente, se puede adjuntar un archivo de texto con el formato explicado en el anexo E para que aparezca una nueva pestaña denominada *Nueva*. Para ello pulsar *Browse* y buscar el archivo en la carpeta correspondiente.

Añadir nueva pestaña

* Formato especificado

Ilustración D.5: Campo para añadir una nueva pestaña

En la segunda parte del formulario, se puede configurar la composición de los puertos a la hora de trabajar con VLANs. En primer lugar, como se puede ver en la siguiente ilustración, comentar que existen cuatro puertos LAN (1, 2, 3 y 4), un puerto WAN (0) y un puerto interno (5). Existen dos VLANs por defecto (vlan0 y vlan1), por lo que existen amplias posibilidades de configuración según la distribución de los puertos [29].

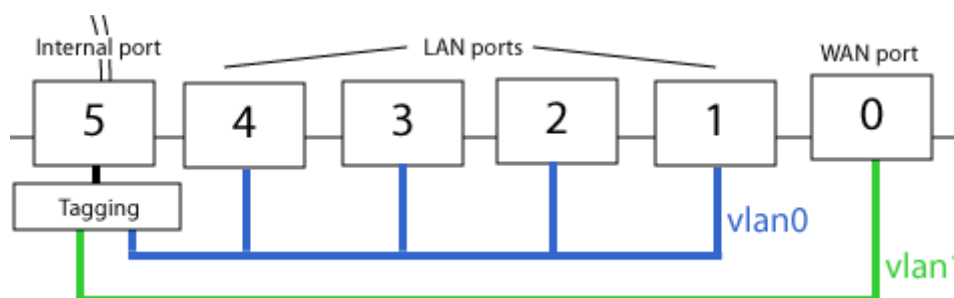


Ilustración D.6: Distribución de puertos encaminador Linksys WRT54GL

En el formulario basta con introducir la distribución deseada en el campo texto (sin espacios) como se muestra en la siguiente ilustración, o no modificar nada si se elige la que tiene el firmware por defecto. Los números de los puertos son los correspondientes a la ilustración anterior y adicionalmente se puede incluir los siguientes parámetros a continuación del número de puerto:

- '*': si los puertos están en múltiples VLANs, paquetes sin etiquetar se añadirán a esta VLAN.
- 't': puerto tagged; los paquetes serán etiquetados (por defecto puerto 5).
- 'u': puerto untagged; los paquetes no serán etiquetados.

Adicionalmente, seleccione si desea cambiar alguno de los siguientes parámetros:

Lan virtuales (VLAN)

* Lista de los puertos que constituyen vlan0/vlan1 (según formato especificado):

vlan0ports <input type="text" value="32105*"/>	vlan1ports <input type="text" value="45"/>
---	---

Ilustración D.7: Campo para modificar la composición de las VLANs

Una vez finalizado el formulario, pulsar el botón *Enviar* y aparece un mensaje en pantalla avisando de que el envío de datos al servidor se ha realizado correctamente, y adicionalmente, si se ha adjuntado un archivo, que éste se ha cargado correctamente. Si ha habido algún error en estas dos operaciones también se muestra por pantalla.

Si por el contrario se desee empezar de nuevo, pulsar el botón *Restablecer*.

Finalmente, el servidor ejecuta *configurar.php* de una manera transparente al usuario y un *script.sh* es creado en la carpeta */var/www/html* del servidor con los comandos necesarios para la configuración del encaminador según los datos introducidos y seleccionados en el formulario.

D.3. Selección script Linksys

Al hacer clic para acceder a dicha interfaz lo primero es autenticarse con nombre de usuario y contraseña (*root/PacoRedes1*).

A continuación, aparecen en pantalla enumerados todos los scripts almacenados en el servidor en la carpeta */var/www/html*.



Ilustración D.8: Interfaz de elección del script a utilizar como script.sh

Basta con seleccionar aquél que se desee utilizar para la configuración de los encaminadores Linksys con un simple clic y automáticamente cambiará de nombre a *script.sh* conservando siempre el archivo y nombre original.

Aparece un mensaje por pantalla confirmando que el cambio se ha realizado correctamente.

D.4. Configuración router X Linksys WRT54GL

Al hacer clic para acceder a dicha interfaz lo primero es autenticarse con nombre de usuario y contraseña (*root/PacoRedes1*). Adicionalmente, los usuarios (alumnos) también

pueden autenticarse (*usuario/usuario*) entrando a una interfaz web configurada por el formulario anterior o sin modificar (por defecto) sino se ha creado ningún script.

Esta interfaz (*http://@IP_encaminadorX*, donde *@IP_encaminador1* es 192.168.1.144, *@IP_encaminador2* es 192.168.1.145, *@IP_encaminador3* es 192.168.1.146, *@IP_encaminador4* es 192.168.1.147, *@IP_encaminador5* es 192.168.0.101, *@IP_encaminador6* es 192.168.0.102, *@IP_encaminador7* es 192.168.0.103, *@IP_encaminador8* es 192.168.0.104) es útil si se requiere hacer cambios específicos durante una sesión de prácticas sin necesidad de reiniciar el dispositivo. A continuación se explican brevemente las pestañas y sub-pestañas más importantes de la misma, hacer modificaciones en la configuración del dispositivo será seleccionar o modificar los campos correspondientes. Para más detalle consultar la documentación de OpenWrt web interface (*Webif*):

- Info: Información sobre el dispositivo.
 - ✓ Status: Muestra información general sobre el dispositivo, la versión del kernel, del firmware y del interfaz web.
 - ✓ About: Muestra información sobre los desarrolladores de OpenWrt.
- Graphs: Muestra gráficas en tiempo real sobre la carga del sistema y el tráfico de los distintos interfaces del dispositivo.
- Status: Muestra información sobre procesos, carga, conexiones, etc.
 - ✓ System: Información sobre los recursos disponibles del dispositivo, espacio ocupado/libre, porcentaje de uso de la RAM, etc.
 - ✓ Interfaces: Información sobre la red LAN, WAN, y WLAN: Direcciones MAC, servidores DNS, paquetes transmitidos, recibidos, etc.
 - ✓ DHCP Clients: En caso de que el servidor DHCP del encaminador este habilitado, aquí se puede encontrar los clientes que han pedido y se les ha asignado una dirección IP, así como el tiempo restante hasta la renovación de la misma.
 - ✓ Netstat: Muestra un listado de las conexiones activas de un ordenador, tanto entrantes como salientes. La información que resulta del uso del comando incluye el protocolo en uso, las direcciones IP tanto locales como remotas, los puertos locales y remotos utilizados y el estado de la conexión.
 - ✓ Diagnostics: Permite ejecutar las herramientas *ping* y *traceroute* para evaluar el estado de la red.
- Syslog: Configuración del estándar para el envío de mensajes de registro.
 - ✓ Syslog settings: Permite configurar los parámetros del protocolo Syslog.
 - ✓ Syslog: Muestra los mensajes prefijados del protocolo Syslog.
 - ✓ Firewall log view: Permite añadir y listar las direcciones IP del cortafuegos correspondiente al protocolo syslog.
- System: Configuración del sistema en general.

- ✓ Settings: Posibilidad de ajustar la hora, la fecha, el idioma, etc.
- ✓ Cron: permite habilitar/deshabilitar el servicio de planificar la ejecución de comandos usando cron4.
- ✓ Crontabs: Muestra la ruta donde se guardan los archivos que contienen las listas de tareas y otras instrucciones planificadas para ser ejecutadas por el servicio cron.
- ✓ NVRAM: Significa No Volatile RAM. Es la memoria flash que almacena las variables de entorno usadas por el firmware. Contiene, entre otras variables, la dirección MAC, IP, la configuración de las VLANs, etc. Permite escribir los cambios permanentemente en el dispositivo. Si no se activa el escribir permanentemente, los cambios permanecen en memoria RAM, y cuando se reinicie el dispositivo, volverán a tener el valor original. Hay que tener en cuenta que volver a flashear el dispositivo no modifica el contenido de la NVRAM, por lo tanto hay que tener un cuidado especial cuando se realizan cambios permanentes en la NVRAM.
- ✓ File editor: es un editor de archivos vía web. Permite navegar por los directorios y editar los archivos que no sean binarios.
- ✓ Password: permite cambiar la contraseña de administrador temporalmente, ya que al reiniciar volverá la contraseña original. Para cambiar la contraseña original, es necesario realizar el cambio en el código fuente.
- ✓ Packages: permite instalar paquetes temporalmente bien indicando su fuente manualmente o eligiendo el paquete a instalar desde una lista de repositorios oficiales. Permite añadir más repositorios.
- ✓ Backup: Realiza una copia de seguridad de todas los archivos de configuración (existentes en /etc) y de las variables de entorno. Permite cargar una copia salvada anteriormente.
- ✓ Upgrade: Permite instalar otro firmware en el dispositivo seleccionando previamente la imagen a cargar. Este proceso ha de ser ejecutado con cuidado, puesto que si en el proceso de carga del nuevo firmware, se produce cualquier tipo de error, como una pérdida de conexión por ejemplo, hará que el dispositivo se vuelva irrecoverable, ya que no podrá volver a reiniciar. Se recomienda encarecidamente evitar actualizar el firmware vía wireless, ya que la tasa de error es mucho mayor que la conexión por cable Ethernet. Se recomienda activar la casilla "Turn Boot Wait ON" ya que esto hará que el dispositivo espere 5 segundos cuando inicia por si recibe un firmware vía TFTP. Es útil para intentar recuperar el encaminador en el que no podamos acceder a él.
- Network: Permite configurar la red.
 - ✓ WAN-LAN: Permite configurar el puerto WAN (Wide Area Network) y su relación con la red local LAN (Local Area Network), así como la IP que tiene el encaminador dentro de esta red.
 - ✓ VLAN: Permite añadir, editar, y borrar redes de área local virtuales.

- ✓ Firewall: Permite añadir, modificar, y borrar las reglas del cortafuegos, consiguiendo de esta manera filtrar paquetes o incluso redireccionar paquetes a otras máquinas dependiendo de la dirección IP de origen, puerto, dirección IP destino, etc.
- ✓ DHCP: aquí se puede configurar el servidor DHCP y a que redes va a servir direcciones.
- ✓ Dnsmasq: configuración extendida del servidor DHCP.
- ✓ Hosts: Permite añadir, modificar y borrar los nombres de dominio conocidos y su dirección IP equivalente.
- ✓ Tweaks: Configuración avanzada de la red: Tamaño de los paquetes, número máximo de conexiones, etc.
- Reboot: Desde aquí se puede reiniciar el dispositivo. Se perderán todos los cambios. Para guardar una configuración usar la herramienta de backup de la pestaña *System*.

System Settings

Host Name: OpenWrt

Boot Wait: Enabled

Wait Time: 10

Time Settings

Timezone: Stockholm, Sweden

NTP Server: es.pool.ntp.org

Webif Settings

Language: English

Theme: Original

Dangerous Settings

CPU Clock Frequency: 200

Boot Wait: Boot wait causes the boot loader of some devices to wait a few seconds at bootup for a TFTP transfer of a new firmware image. This is a security risk to be left on.

Wait Time: Number of seconds the boot loader should wait for a TFTP transfer if Boot Wait is on.

CPU Clock Frequency: Do not change this. You may brick your router if you do not know what you are doing. We've tried to disable it for all routers that can be bricked through an invalid clock-frequency setting. Only Linksys WRT54G v4 units are known to be unbrickable by a bad clkfreq setting.

Save Changes

Apply Changes «

Clear Changes «

Review Changes «

X-Wrt
End user extensions for OpenWrt

Ilustración D.9: Vista del menú de configuración web del administrador

Estas modificaciones se perderán al reiniciar el dispositivo, a no ser que se pulsen los botones de *Save changes* y *Apply changes* en la parte inferior derecha de la interfaz web para que sean permanentes.

Por último comentar que si por cualquier razón se requiere configurar mediante un script un solo encaminador en lugar de hacerse vía interfaz, en el anexo E se dan los detalles

para diseñar a mano este sencillo script, teniendo en cuenta que sólo el citado encaminador podrá ser reiniciado al mismo tiempo para completar correctamente la carga del script.

D.5. Configuración unidad de distribución de alimentación AP7922

Al hacer clic para acceder a dicha interfaz lo primero es autenticarse con nombre de usuario y contraseña (*root/PacoRedes1*). Adicionalmente, los usuarios (alumnos) también pueden autenticarse (*usuario/usuario*) accediendo a la misma interfaz pero con permiso de sólo lectura.

Antes, como esta interfaz funciona con el protocolo HTTPS (https://@IP_PDU , donde @IP_PDU es 192.168.0.223) si esta configuración se realiza fuera del servidor desde cualquier ordenador con según qué tipo de navegador web, es necesario crear excepción de seguridad sino ha sido creada y guardada con anterioridad, por ejemplo en Mozilla Firefox:

- Aparece una ventana como la siguiente, hacer clic en *O puede añadir una excepción...*



Ilustración D.10: Paso 1 para crear excepción de seguridad

- A continuación hacer clic en el botón *Añadir excepción...* para instalar el certificado necesario:



Ilustración D.11: Paso 2 para crear excepción de seguridad

- Después de esto aparecerá la ventana *Añadir una excepción de seguridad*, hacer clic en el botón *Obtener Certificado*.

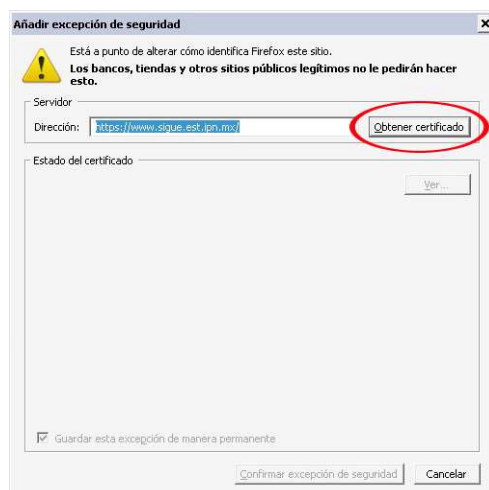


Ilustración D.12: Paso 3 para crear excepción de seguridad

- Asegurarse de que esté seleccionada la opción *Guardar esta excepción de manera permanente*. Después de esto, hacer clic en el botón *Confirmar excepción de seguridad*.

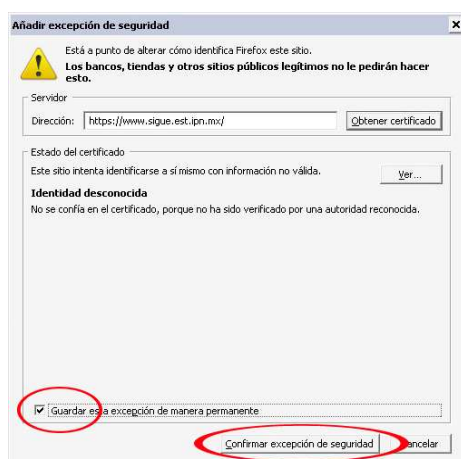


Ilustración D.13: Paso 4 para crear excepción de seguridad

- A partir de ahora se podrá ingresar sin ningún problema a la página con seguridad habilitada desde el ordenador en el que se ha llevado a cabo la configuración.

Ahora sí, se puede configurar el dispositivo vía interfaz de usuario de una manera sencilla e intuitiva. Para una completa guía consultar el manual de la interfaz de usuario del dispositivo adjuntado en el DVD del proyecto. Aquí se van a exponer brevemente cada una de las secciones globales, y detalladamente, la manera de guardar o cargar una configuración:

- Home: Pantalla inicial que muestra un resumen global del dispositivo, informando de posibles errores y del estado general de los dispositivos conectados.
- Device manager: Estado y opciones de configuración de los dispositivos conectados a la PDU. Permite reiniciarlos, apagarlos o encenderlos remotamente entre otras.
- Logs: Mensajes del estado y actividad del dispositivo PDU.

- Administration: Permite configurar las opciones de seguridad, los parámetros de red y cualquier aspecto de administración general.

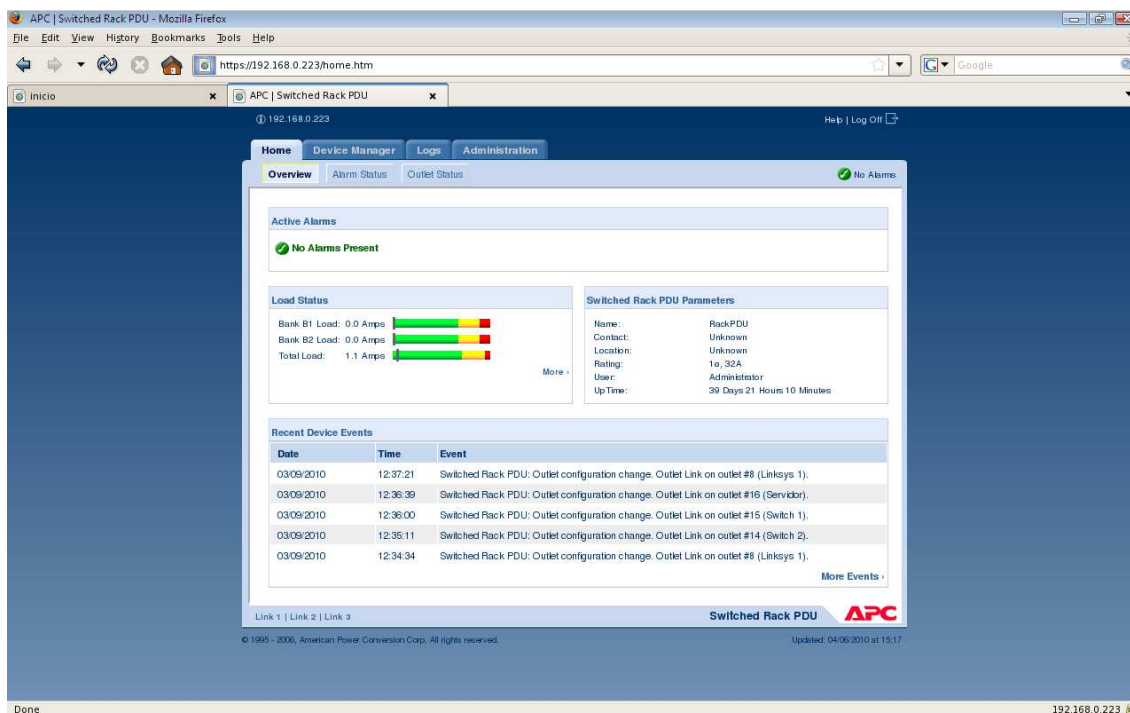


Ilustración D.14: Vista general de la interfaz de usuario de la PDU

Una vez seleccionadas, introducidas y/o modificadas las opciones de configuración de la interfaz de usuario requeridas, se procede a guardar dicha configuración transfiriéndola vía FTP al servidor. Para ello ejecutamos desde la línea de comandos del servidor:

```
ftp
open @IP_PDU (se pide autenticación root/PacoRedes1)
get config.ini
```

A continuación se explica la operación contraria, la carga de un fichero de configuración almacenado en el servidor a la PDU, configurándose ésta con los datos del mismo. Aunque se puede realizar vía FTP con tan sólo cambiar el comando *get* por *put*, se detalla también la opción de carga vía interfaz:

Ir al menú *Administration* → *General* → *User Config file*. Hacer clic en *Browse* y seleccionar el fichero de configuración que se desee, almacenado en el servidor o en cualquier ordenador del laboratorio desde el que se accede. Finalmente aplicar los cambios pulsando *Apply* y el dispositivo se configurará con las especificaciones del fichero cargado (necesario reiniciar para aplicar los cambios).

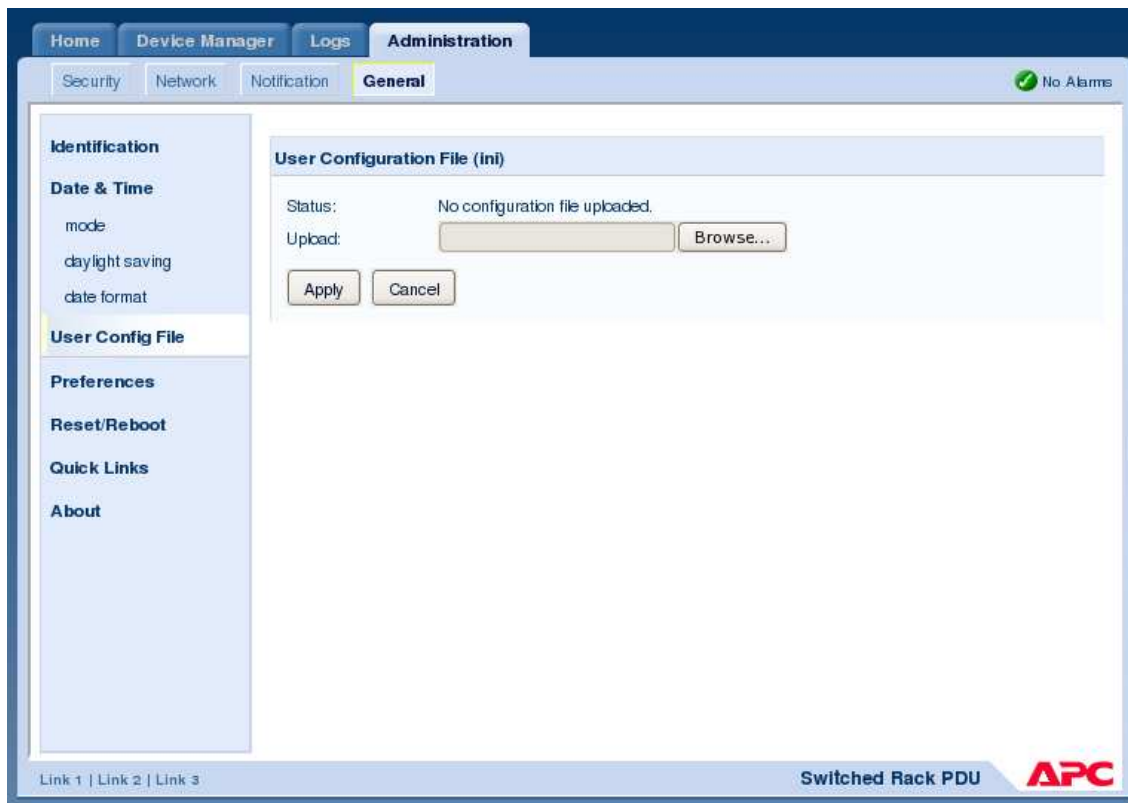


Ilustración D.15: Vista del proceso de carga de un fichero de configuración

D.6. Configuración switch X Dell PowerConnect 3424

Al hacer clic para acceder a dicha interfaz lo primero es autenticarse con nombre de usuario y contraseña (*root/PacoRedes1*).

Antes, como esta interfaz funciona con el protocolo HTTPS (https://@IP_switchX , donde @IP_switch1 es 192.168.1.225 y @IP_switch2 es 192.168.0.224) si esta configuración se realiza fuera del servidor o desde cualquier ordenador con según qué tipo de navegador web, es necesario crear una excepción de seguridad sino ha sido creada y guardada con anterioridad como se ha explicado en el apartado anterior.

Adicionalmente si se está usando como navegador web Mozilla Firefox, una vez autenticado, como se comentó en la sección de *Problemas* de esta memoria, aparece un mensaje en pantalla advirtiendo que dicho navegador no está homologado por el fabricante. Pulsar OK y el comportamiento será normal desde entonces.

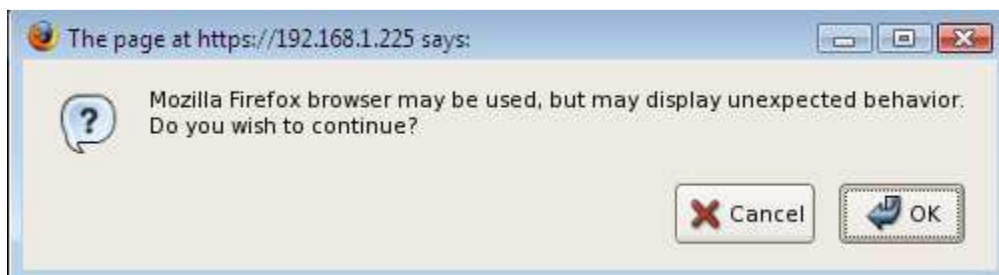


Ilustración D.16: Mensaje advertencia por el uso de Mozilla Firefox

El dispositivo se puede configurar de una manera fácil e intuitiva mediante los menús que proporciona la interfaz de usuario, perdiéndose los cambios al reiniciarse si no se indica manualmente lo contrario.

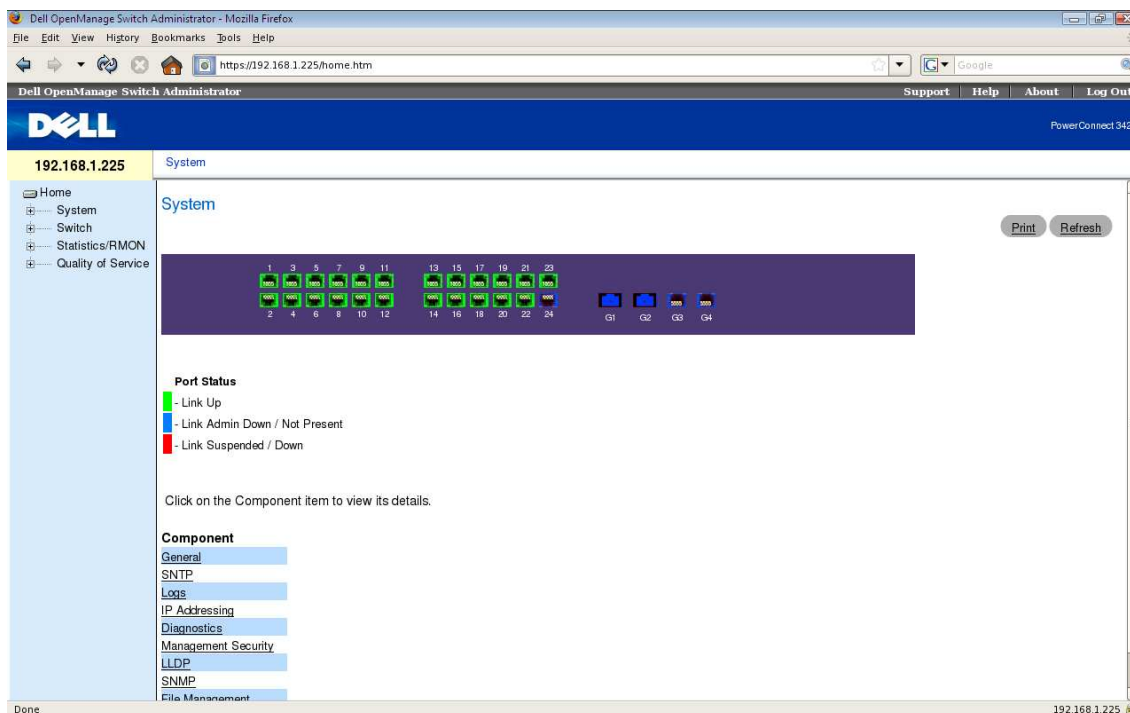


Ilustración D.17: Vista general de la interfaz de usuario del switch

Para una completa guía de configuración del dispositivo consultar el manual de la interfaz de usuario adjuntado en el DVD del proyecto. Aquí se van a explicar brevemente las opciones generales, y detalladamente, la manera de guardar o cargar una configuración.

- System: En esta sección se proporciona información para definir los parámetros del sistema, como por ejemplo las funciones de seguridad, la descarga de software del conmutador y el restablecimiento del conmutador.
 - ✓ General: Contiene parámetros para configurar y visualizar información general del dispositivo, incluidos el nombre, la ubicación y el contacto del sistema, la dirección MAC y la ID de objeto del sistema, así como la fecha, la hora y el tiempo de actividad del sistema.
 - ✓ SNMP: El conmutador admite el protocolo simple de hora de red (SNTP). Asegura una sincronización de la hora del reloj del conmutador de red con una precisión de milisegundos. La sincronización de la hora se lleva a cabo mediante un servidor SNTP de la red. SNTP funciona sólo como cliente y no puede proporcionar servicios de hora a otros sistemas.
 - ✓ Logs: Los registros del sistema permiten ver los eventos del dispositivo en tiempo real y registrar los eventos para un uso posterior. Los registros del sistema registran y administran eventos, y notifican errores o mensajes informativos.

- ✓ IP Addressing: Contiene enlaces para asignar direcciones IP de puerta de enlace predeterminada y de interfaz, y para definir parámetros ARP y DHCP para las interfaces.
 - ✓ Diagnostics: Contiene enlaces a páginas que permiten realizar pruebas virtuales de cables en cables de cobre.
 - ✓ Management Security: Permite configurar los parámetros de seguridad para puertos, métodos de administración de dispositivos, usuarios y servidores.
 - ✓ SNMP: Parámetros de configuración del protocolo simple de administración de red (SNMP), el cual proporciona un método para administrar los dispositivos de una red.
 - ✓ File Management: Permite administrar el software del dispositivo, el archivo de imagen y los archivos de configuración. Los archivos pueden descargarse o cargarse a través de un servidor TFTP o HTTP. Explica con detalle a continuación.
 - ✓ Advanced settings: Permite establecer diversos atributos globales del conmutador.
- Switch: En esta sección se describe el funcionamiento del sistema y se incluye información general sobre cómo configurar la seguridad de la red, puertos, tablas de direcciones, el protocolo GARP, redes VLAN, el árbol de extensión, el agregado de puertos y la compatibilidad con multidifusión.
 - ✓ Network security: Configurar la seguridad de la red a través de listas de control de acceso y de puertos bloqueados.
 - ✓ Ports: Funciones de configuración de puertos, que incluyen funciones como el control de tormentas y la duplicación de puertos, así como funciones para realizar pruebas de puertos virtuales.
 - ✓ Address Tables: Permite almacenar direcciones MAC
 - ✓ GARP: Configuración del protocolo genérico de registro de atributos (GARP). Es un protocolo de propósitos generales que registra cualquier información de conectividad de red o de estilo de pertenencia.
 - ✓ Spanning Tree: Configuración del protocolo STP.
 - ✓ VLAN: Permite crear y configurar redes VLAN.
 - ✓ Link Aggregation: Configurar el agregado de puertos.
 - ✓ Multicast support: Configurar el reenvío de multidifusión que permite reenviar un mismo paquete a varios destinos.
 - Statistics RMON: Contiene información de dispositivos para el uso del conmutador, la interfaz, GVRP, etherlike y RMON visualizados a través de tablas de estadísticas.

- Quality of Service: Proporciona información para definir y configurar los parámetros de la calidad de servicio (QoS).

A continuación se explica con detalle la administración de los archivos de configuración. En primer lugar, crear una configuración mediante las opciones descritas de la interfaz de usuario y guardarla para su posterior uso. Para ello, comenzar por copiar el archivo de configuración a un fichero:

- Hacer clic en *System* → *File Management* → *Copy Files* en la interfaz de usuario. En la página *Copy Files* seleccionar y completar los campos siguientes:
 - ✓ *Copy Configuration*
 - ✓ *Source*: Indica el tipo de archivo que va a copiarse en el archivo de destino. Seleccionar el archivo de configuración en ejecución (*Running Configuration*).
 - ✓ *Destination*: Indica el archivo de configuración de destino en el que se va a copiar el archivo de origen. Seleccionar la casilla de verificación *New File Name* e indicar el nombre del nuevo archivo para copiar el archivo de origen en un archivo de configuración nuevo. Si se desea que la configuración creada sea permanente tras el reinicio del dispositivo seleccionar *Startup Configuration*.
- Hacer clic en *Apply Changes*. Se copia (creando o sobrescribiendo) el archivo con el nombre especificado.

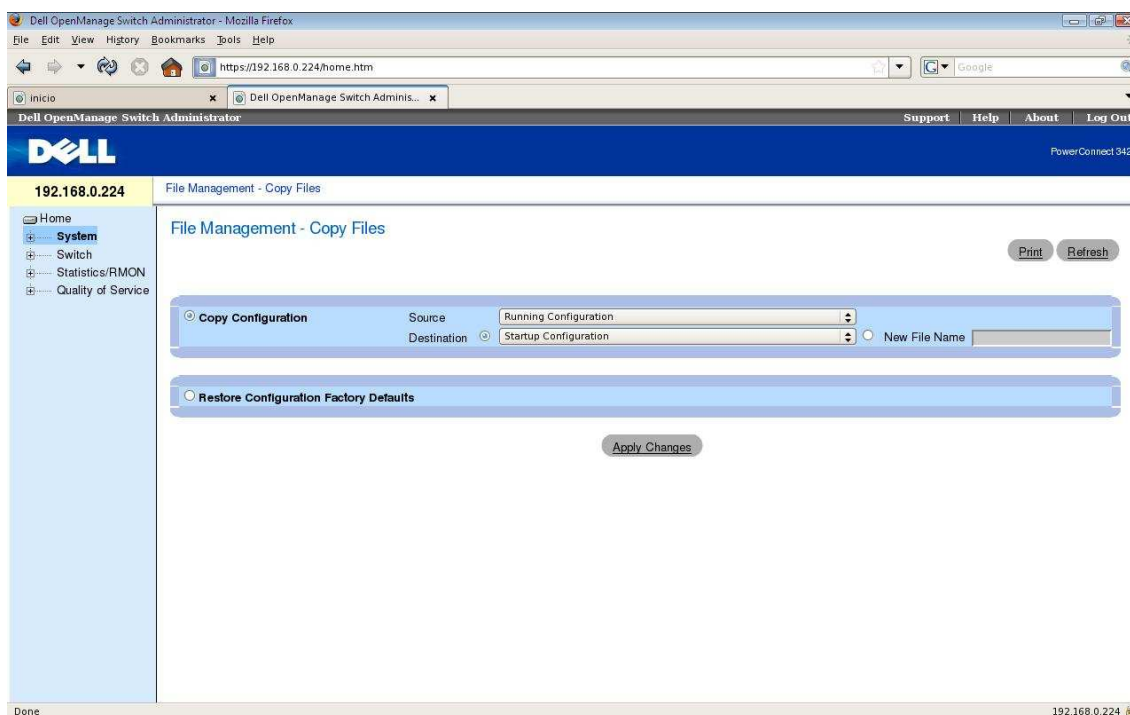


Ilustración D. 18: Vista del menú *Copy Files* de la interfaz de usuario del switch

Una vez obtenido este fichero de configuración, almacenado por defecto en el dispositivo, se tiene la opción de transferirlo al servidor o a cualquier ordenador del laboratorio para evitar futuros problemas de espacio. Para ello:

- Hacer clic en *System* → *File Management* → *File Upload* en la interfaz de usuario. En la página *File Upload* seleccionar y completar los campos siguientes:
 - ✓ **Configuration Upload:** se carga el archivo de configuración al servidor. Seleccionar este campo y se atenúan los campos de *Firmware Upload*. En la parte derecha seleccionar el protocolo a usar para este almacenamiento de fichero en el servidor.
 - ✓ **Upload vía TFTP:** si se selecciona esta opción la carga en el servidor se hará mediante este protocolo, completar los campos *TFTP Server IP Address* con la dirección del servidor, *Destination File Name* con la ruta del archivo de configuración en el que se carga el archivo y *Transfer File Name* con el archivo del dispositivo en el que se va a cargar la configuración (*Running configuration*).
 - ✓ **Upload vía HTTP:** con esta opción la carga del archivo puede hacerse al servidor o al mismo ordenador del laboratorio desde el que estemos accediendo vía HTTP. Basta con indicar en el campo *Transfer File Name* el nombre del archivo del dispositivo (*Running configuration*) a almacenar en el servidor o en el ordenador desde el que se está accediendo.
- Hacer clic en *Apply Changes*. Se transfiere el archivo especificado a la carpeta indicada del servidor o del ordenador de la sala por el protocolo seleccionado.

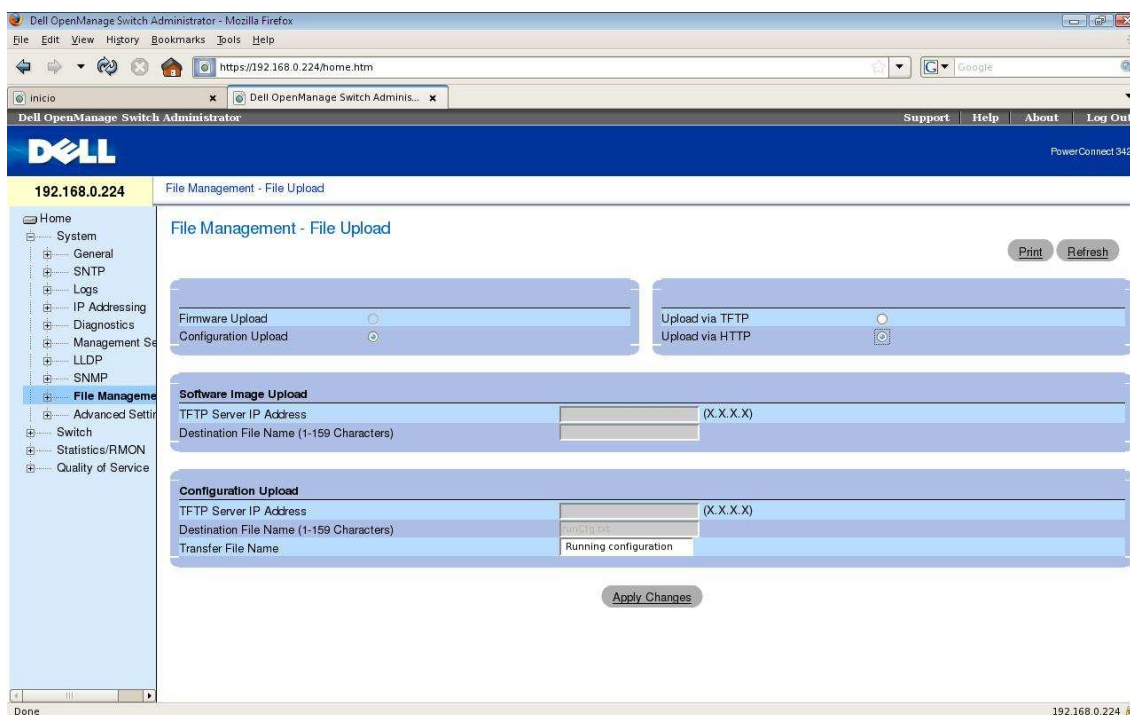


Ilustración D.19: Vista del menú File Upload de la interfaz de usuario del switch

Por último se explica cómo cargar una configuración guardada previamente en el servidor, en un ordenador del laboratorio o en el propio conmutador, para que el dispositivo se configure adecuadamente. En primer lugar se detallan los pasos a seguir si la configuración está almacenada en el servidor o en un ordenador de la sala. Para ello se necesita descargarla del mismo:

- Hacer clic en *System* → *File Management* → *File Download* en la interfaz de usuario. En la página *File Download from Server* seleccionar y completar los campos siguientes:
 - ✓ **Configuration Download:** se descarga el archivo de configuración desde el servidor. Seleccionar este campo y se atenúan los campos de *Firmware Download*. En la parte derecha seleccionar el protocolo a usar para esta descarga.
 - ✓ **Download vía TFTP:** si se selecciona esta opción la descarga de la configuración en el conmutador se hará mediante este protocolo, completar los campos *Server IP Address* con la dirección del servidor, *Source File Name* con el nombre del archivo a descargar y *Destination File* con el tipo de archivo de destino en el que se va a descargar el archivo (*Running configuration*).
 - ✓ **Download vía HTTP:** con esta opción la carga del archivo puede hacerse desde el servidor o desde el mismo ordenador de la sala desde el que estemos accediendo vía HTTP. Aparecen dos campos, *Source File* y *Destination File*. En el primero seleccionar la ruta del fichero pulsando el botón *Browse* y en el segundo indicar que la carga del fichero se realice a la configuración actual (*Running configuration*).
- Hacer clic en *Apply Changes*. Se carga el archivo especificado del servidor con la configuración deseada en el conmutador. Es necesario reiniciar el dispositivo.

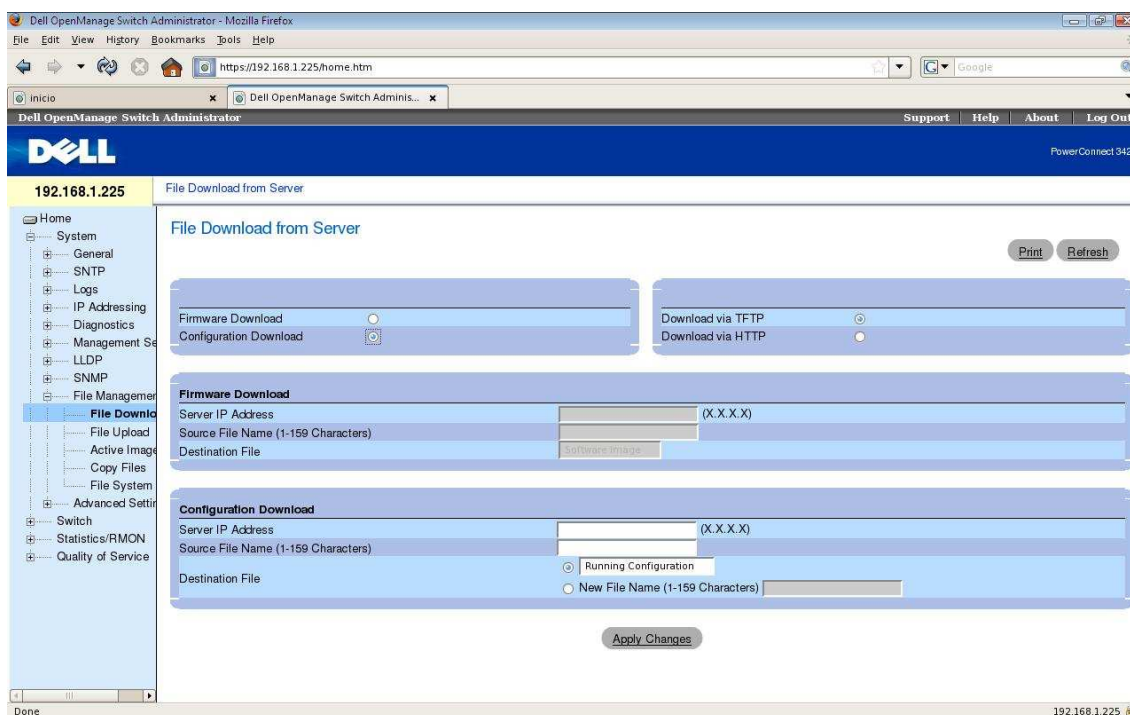


Ilustración D.20: Vista del menú File Download de la interfaz de usuario del switch

Si por el contrario el fichero de configuración está almacenado en el propio conmutador, la carga de dicha configuración se debe realizar mediante la opción del menú de la interfaz de usuario *Copy Files*:

- Hacer clic en *System* → *File Management* → *Copy Files* en la interfaz de usuario. En la página *Copy Files* seleccionar y completar los campos siguientes:
 - ✓ **Copy Configuration**

- ✓ Source: Indica el tipo de archivo que va a copiarse en el archivo de destino. Seleccionar el archivo almacenado previamente que se desee cargar.
- ✓ Destination: Indica el archivo de configuración de destino en el que se va a copiar el archivo de origen (*Running Configuration*).
- Hacer clic en *Apply Changes*. Se carga el archivo seleccionado a la configuración actual.

D.7. Test de conexiones

Al hacer clic para acceder a dicha interfaz lo primero es autenticarse con nombre de usuario y contraseña (*root/PacoRedes1*).

Automáticamente se ejecuta el programa PHP correspondiente, informando por pantalla al usuario del estado de todos los dispositivos del laboratorio (ACTIVO en color verde, CAÍDO en color rojo).

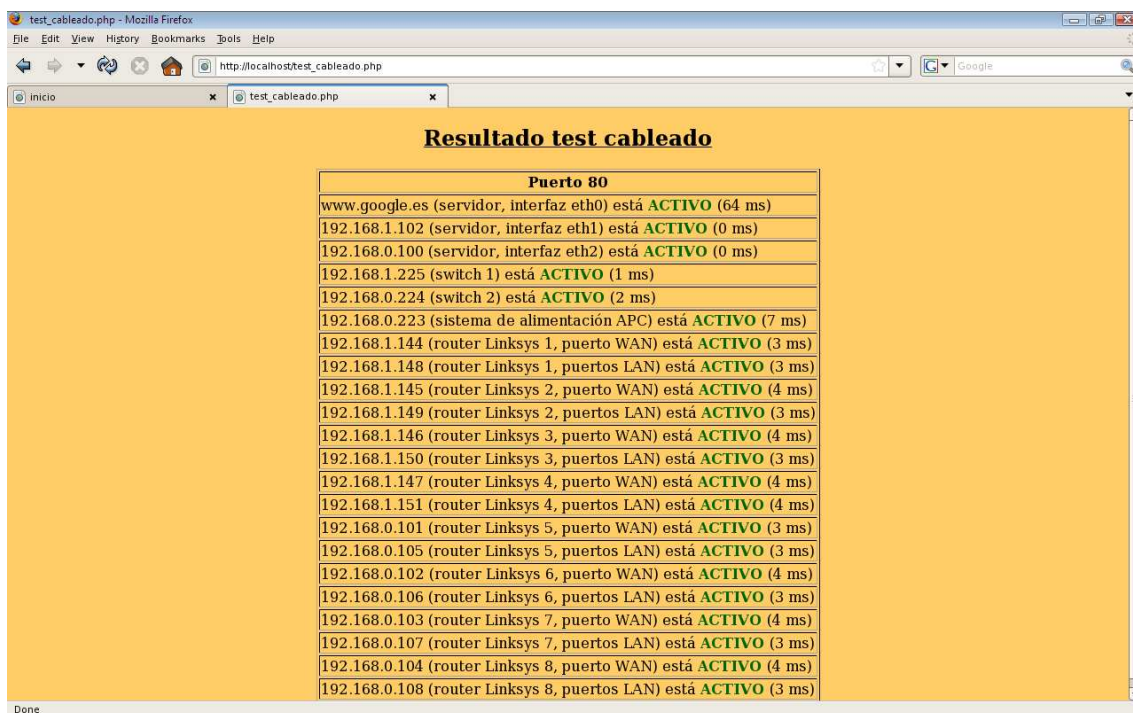


Ilustración D.21: Vista de la pantalla resultado tras ejecutar el test de conexiones

ANEXO E. DETALLES DE CONFIGURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

Con el objetivo de facilitar una futura ampliación de los dispositivos del laboratorio o de las interfaces de usuario por parte de un programador completamente ajeno a este proyecto se ha escrito este manual. En él se describen de una manera técnica las principales instalaciones o modificaciones llevadas a cabo en cada uno de los dispositivos, así como los cambios que habrá que realizar en el código para extender o redefinir las funcionalidades de la interfaz de usuario en los puntos que se prevén más probables.

E.1. Servidor Dell PowerEdge 860

Para instalar CentOS 5 como sistema operativo mediante el DVD de instalación, tiene el pequeño inconveniente de necesitarse una unidad externa de DVD vía USB porque el servidor sólo posee lector de CD.

La instalación de todos los protocolos o aplicaciones necesarias en el servidor se han llevado a cabo desde el repositorio oficial de CentOS, *Yum*, al que se le añaden paquetes RPMforge. Se expone un pequeño resumen de su gestión para posteriores actualizaciones o instalaciones:

- Actualización del sistema con todas las dependencias que sean necesarias: *yum update*
- Realizar una búsqueda de algún paquete o término en la base de datos en alguno de los depósitos configurados en el sistema: *yum search cualquier_paquete*
- Consultar la información contenida en un paquete en particular: *yum info cualquier_paquete*
- Instalación de paquetería con resolución automática de dependencias: *yum install cualquier_paquete*
- Desinstalación de paquetes junto con todo aquello que dependa de los mismos: *yum remove cualquier_paquete*
- Listar todos los paquetes disponibles en la base de datos yum y que pueden instalarse: *yum list available | less*
- Lo siguiente lista todos los paquetes instalados en el sistema: *yum list installed | less*
- Lo siguiente listará todos los paquetes instalados en el sistema y que pueden (y deben) actualizarse: *yum list updates | less*
- Yum proporciona como resultado de su uso cabeceras y paquetes RPM almacenados en el interior del directorio localizado en la ruta */var/cache/yum/*. Particularmente los paquetes RPM que se han instalado pueden ocupar mucho espacio y, es por tal motivo, que conviene eliminarlos una vez que ya no tienen utilidad. Igualmente conviene hacer lo mismo con las cabeceras viejas de paquetes que ya no se encuentran en la base de datos. A fin de realizar la limpieza correspondiente, puede ejecutarse lo siguiente: *yum clean all*

Comentar que la mayoría de la configuración del servidor se realiza a través de servicios y demonios (dhcpd, httpd, sshd...) por lo que se expone una pequeña guía de utilización:

- Para iniciar: *service nombre_servicio start*

- Para reiniciar: `service nombre_servicio restart`
- Para detener el servicio: `service nombre_servicio stop`
- Si el servicio ya está trabajando, también se puede utilizar `reload` a fin de que vuelva a leer y cargar la configuración sin interrumpir el servicio, y, por ende, las conexiones establecidas: `service nombre_servicio reload`
- Para añadir el servicio al arranque del sistema en todos los niveles de corrida: `chkconfig nombre_servicio on`

Si es necesario modificar cualquier fichero, una vez realizada una conexión gráfica remota al servidor, ejecutar el editor de textos libre *gedit*. Así mismo, es posible navegar por las diferentes carpetas y ficheros ejecutando *nautilus&*.

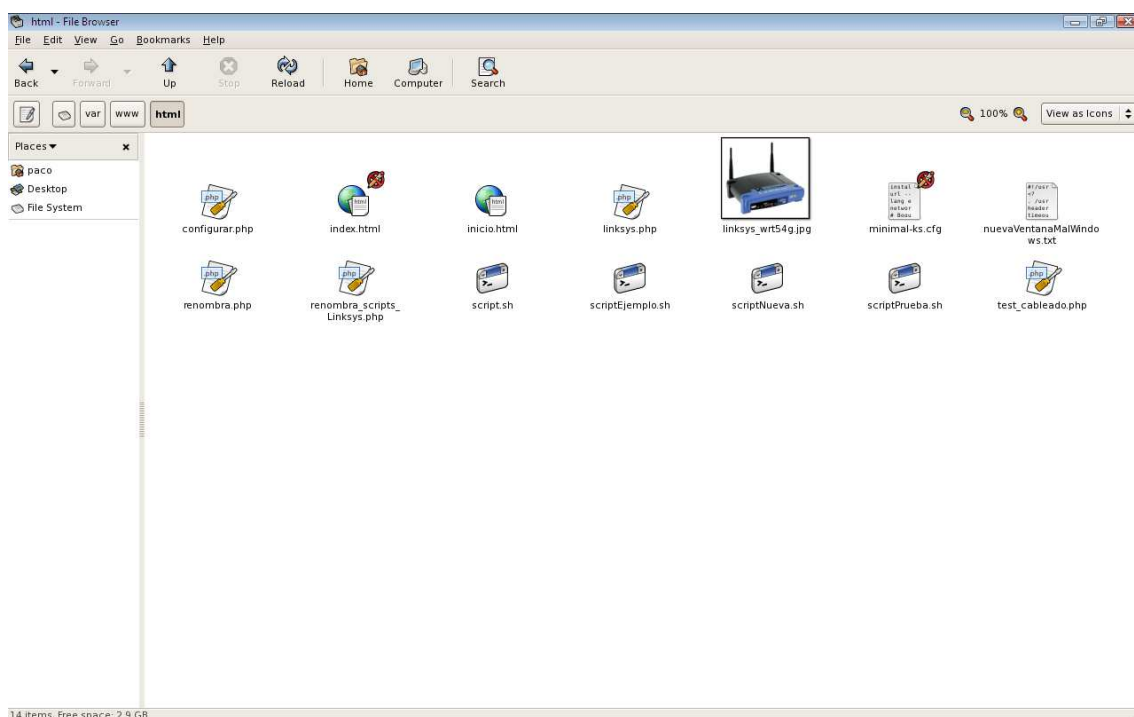


Ilustración E.1: Vista del administrador de archivos Nautilus

Con esto, el modificar los parámetros de red generales es editar los ficheros:

- `/etc/hosts`: Este archivo asocia las direcciones IP con el nombre del equipo (hostname). En este fichero se encuentra la dirección de loopback (127.0.0.1).
- `/etc/sysconfig/network`: Este archivo de configuración es utilizado para definir las características de red deseadas.
- `/etc/resolv.conf`: Este archivo especifica las direcciones IP de los servidores DNS.
- `/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-[nombre_interfaz]`: Estos archivos de configuración son utilizados para especificar la configuración de la tarjeta de red. A continuación se detalla la estructura de este último por posibles modificaciones:
 - ✓ `DEVICE`: Define el nombre del dispositivo físico.

- ✓ BOOTPROTO:
 - None: No utiliza ningún protocolo de arranque.
 - Static: Se define de forma manual los parámetros de red.
 - Dhcp: Obtiene los parámetros de red por medio de un servidor de DHCP.
- ✓ IPADDR: Define la dirección IP asignada a ese dispositivo.
- ✓ NETMASK: Define la máscara de red.
- ✓ NETWORK: Define el segmento de red.
- ✓ HWADDR: Define la dirección MAC del dispositivo de red.
- ✓ GATEWAY: Define la Dirección IP del Gateway en la red.
- ✓ ONBOOT: Establece si el dispositivo debe activarse con los servicios de red.

A continuación se explica con detalle las modificaciones de los ficheros de configuración de los servicios instalados.

Comenzamos con el servicio DHCP (demonio `dhcpcd`). El primer paso para configurar el servidor de DHCP será editar el fichero `etc/dhcp.conf` al cual se le añade la información de la red del laboratorio. El archivo de configuración puede contener tabulaciones o líneas en blanco adicionales para facilitar el formato. Las palabras clave no distinguen entre mayúsculas y minúsculas. Las líneas que empiezan con el símbolo numeral (#) se consideran comentarios. Los parámetros de configuración son:

- Subnet: Segmento de subred sobre el cual actúa el DHCP.
- Netmask: Máscara de red de la subred.
- Option routers: Parámetro que especifica mediante IP la ubicación del router.
- Option subnet-mask: Máscara de red de la subred.
- Option domain-name: Parámetro que describe el nombre del dominio.
- Option domain-name-servers: Parámetro que especifica mediante IP la ubicación del servidor DNS.
- Asignación manual de cada dispositivo:


```
host nombre_dispositivo {
    hardware Ethernet @MAC_dispositivo;
    fixed-address @IP_a_asignar;
}
```

Adicionalmente, como se requiere que este servidor sólo actúe en las interfaces locales del servidor, se edita el fichero `/etc/sysconfig/dhpcd` y se agrega como argumento del parámetro `DHCPDARGS` el valor de las interfaces que corresponda. `DHCPDARGS="eth1 eth2"`

Otro de los servicios es Apache con su complemento PHP. El fichero de configuración se encuentra en `/etc/httpd/conf/httpd.conf` y está compuesto por un gran número de secciones, es por ello que solo se describen las más relevantes del mismo.

- User paco: Esta directiva especifica qué usuario es el que ejecuta los procesos del servidor web y en consecuencia los permisos de lectura y escritura que se aplican sobre los recursos. Es importante no poner al usuario `root` por motivos de seguridad.

- DocumentRoot "/var/www/html": Esta directiva indica al servidor web la ruta en donde se encuentran almacenados los ficheros web.
- Allow from 155.210.0.0/16 192.168.0.0/16 127.0.0.1: La directiva Allow indica al sistema los equipos que tienen permiso de acceso, permitiendo el acceso desde el laboratorio y cualquier ordenador de la red Unizar.

CentOS 5 incluye SELinux que añade seguridad adicional a Apache, sin embargo algunas opciones impedirán utilizar ciertas funciones en Apache, como directorios virtuales. Se ejecuta *system-config-securitylevel* desde el modo gráfico y se activa la casilla *Disable SELinux Protection for httpd daemon*.

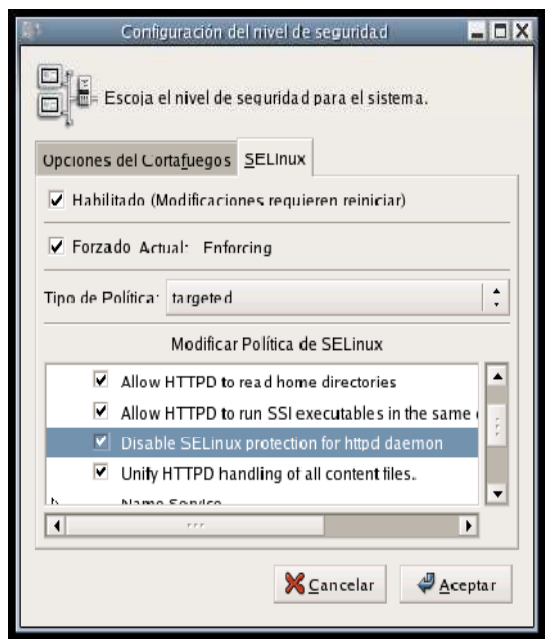


Ilustración E.2: Vista de la ventana para desactivar SELinux

El siguiente servicio comentado es OpenSSH con sus versiones OpenSSH-server y OpenSSH-clients.

La ubicación de los ficheros de configuración referentes al servidor OpenSSH se encuentran en la siguiente ruta: */etc/ssh/*. Dentro del directorio podemos encontrar los siguientes ficheros de configuración:

- moduli: Contiene grupos Diffie-Hellman usados para el intercambio de la clave Diffie-Hellman que es imprescindible para la construcción de una capa de transporte seguro..
- ssh_config: El archivo de configuración del sistema cliente SSH por defecto.
- sshd_config: El archivo de configuración para el demonio sshd. A continuación se analizarán algunos de los parámetros a configurar:
 - ✓ Parámetro Port: SSH trabaja a través del puerto 22 por TCP: *Port 22*
 - ✓ Parámetro ListenAddress: El servicio de SSH responderá peticiones a través de todas las interfaces del sistema: *ListenAddress yes*
 - ✓ Parámetro PermitRootLogin: Establece que se va a permitir el acceso directo del usuario root al servidor SSH: *PermitRootLogin yes*

- ✓ Parámetro `X11Forwarding`: Establece que se permita la ejecución remota de aplicaciones gráficas: `X11Forwarding yes`
- `ssh_host_dsa_key`: La clave privada DSA usada por el demonio `sshd`.
- `ssh_host_dsa_key.pub`: La clave pública DSA usada por el demonio `sshd`.
- `ssh_host_key`: La clave privada RSA usada por el demonio `sshd` para la versión 1 del protocolo SSH.
- `ssh_host_key.pub`: La clave pública RSA usada por el demonio `sshd` para la versión 1 del protocolo SSH.
- `ssh_host_rsa_key`: La clave privada RSA usada por el demonio `sshd` para la versión 2 del protocolo SSH.
- `ssh_host_rsa_key.pub`: La clave pública RSA usada por el demonio `sshd` para la versión 2 del protocolo SSH.

La ubicación de los ficheros de configuración referentes al cliente OpenSSH se encuentran en la siguiente ruta: `/home/paco/`. Dentro del directorio podemos encontrar los siguientes ficheros de configuración:

- `authorized_keys`: Este archivo contiene una lista de claves públicas autorizadas. Cuando un cliente se conecta al servidor, el servidor autentica al cliente chequeando su clave pública firmada almacenada dentro de este archivo.
- `id_dsa`: Contiene la clave privada DSA del usuario.
- `id_dsa.pub`: La clave pública DSA del usuario.
- `id_rsa`: La clave RSA privada usada para la versión 2 del protocolo SSH.
- `id_rsa.pub`: La clave pública RSA usada para la versión 2 del protocolo SSH.
- `Identity`: La clave privada RSA usada para la versión 1 del protocolo SSH.
- `identity.pub`: La clave pública RSA usada para la versión 1 del protocolo SSH.
- `known_hosts`: Este archivo contiene las claves de host DSA de los servidores SSH a los cuales el usuario ha accedido. Este archivo es muy importante para asegurar que el cliente SSH está conectado al servidor SSH correcto.

La primera vez que se usa SSH en una máquina remota, aparecerá el siguiente mensaje advirtiendo de que no se puede comprobar la autenticidad del servidor y preguntando si se acepta continuar la sesión a pesar de dicha circunstancia:

```
The authenticity of host 'example.net' can't be established.  
DSA key fingerprint is 94:68:3a:3a:bc:f3:9a:9b:01:5d:b3:07:38:e2:11:0c.  
Are you sure you want to continue connecting (yes/no)?
```

Se debe pulsar `yes` para continuar. Con esto se ha añadido a la lista de hosts conocidos del servidor la nueva máquina (`home/paco/known_hosts`) mostrándose el siguiente mensaje:

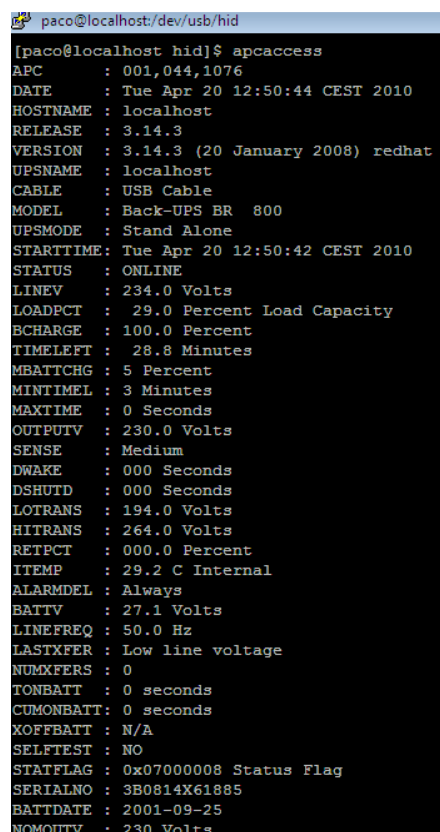
```
Warning: Permanently added 'example.net' (RSA) to the list of known hosts.
```

El siguiente servicio comentado es el protocolo TFTP. El fichero de configuración se encuentra en `/etc/xinetd.d/tftp`. Destacar la obligación de activarlo manualmente tras su instalación porque está desactivado por defecto: `disable = no`

Por último se comenta el demonio `apcupsd`. En primer lugar hay que montar una unidad USB en nuestro servidor, y después modificar los siguientes parámetros en el fichero de configuración `/etc/apcupsd/apcupsd.conf`:

- `UPSCABLE usb`: define el tipo de cable utilizado en la conexión
- `UPSTYPE usb`: tipo de conexión en el SAI
- `DEVICE /dev/usb/hid/hiddev[0-15]`: ruta de las unidades USB montadas en el servidor.

Ejecutar desde la línea de comandos `apcaccess`, y aparece el estado del SAI (`STATUS`), y el tiempo que puede dar corriente eléctrica a través de sus baterías a los dispositivos conectados en caso de fallo (`TIMELEFT`) entre otras informaciones.



```
paco@localhost:/dev/usb/hid
[paco@localhost hid]$ apcaccess
APC       : 001,044,1076
DATE      : Tue Apr 20 12:50:44 CEST 2010
HOSTNAME  : localhost
RELEASE   : 3.14.3
VERSION   : 3.14.3 (20 January 2008) redhat
UPSNAME   : localhost
CABLE     : USB Cable
MODEL     : Back-UPS BR 800
UPSMODE   : Stand Alone
STARTTIME : Tue Apr 20 12:50:42 CEST 2010
STATUS    : ONLINE
LINEV     : 234.0 Volts
LOADPCT   : 29.0 Percent Load Capacity
BCHARGE   : 100.0 Percent
TIMELEFT  : 28.8 Minutes
MBATTCHG  : 5 Percent
MINTIMEL  : 3 Minutes
MAXTIME   : 0 Seconds
OUTPUTV   : 230.0 Volts
SENSE     : Medium
DWAKE     : 000 Seconds
DSHUTD    : 000 Seconds
LOTRANS   : 194.0 Volts
HITRANS   : 264.0 Volts
RETPCT    : 000.0 Percent
ITEMP     : 29.2 C Internal
ALARMDEL  : Always
BATTV     : 27.1 Volts
LINEFREQ  : 50.0 Hz
LASTXFER  : Low line voltage
NUMXFERS  : 0
TONBATT   : 0 seconds
CUMONBATT : 0 seconds
XOFFBATT  : N/A
SELFTEST  : NO
STATFLAG  : 0x07000008 Status Flag
SERIALNO  : 3B0814X61885
BATTDATE  : 2001-09-25
NOMOUTV   : 230 Volts
```

Ilustración E.3: Vista de la información general del SAI

E.2. Switches Dell PowerConnect 3424 (conmutadores)

El dispositivo dispone de un puerto de consola que permite la conexión con un sistema de escritorio que ejecute software de emulación de terminal configurar por primera vez el dispositivo. Este conector de puerto de consola es un conector DB-9 macho instalado como un conector de equipo terminal de datos (DTE).

Para conectar un terminal al puerto de la consola del dispositivo:

- Conectar el cable cruzado RS-232 al terminal que está ejecutando el software de emulación. El puerto de consola del switch se encuentra en el panel posterior por lo que se necesita abrir el armario por la puerta trasera.
- Seleccionar el puerto serie apropiado (puerto serie 1 o puerto serie 2) para conectar a la consola.

- Establecer la velocidad de datos en 9600 baudios.
- Establecer el formato de datos en 8 bits de datos, 1 bit de parada y sin paridad. Así mismo, establezca el control de flujo en ninguno.
- Pulsar Intro y entrar en el modo de comandos.

Al conectarse de esta forma se inicia la interfaz de la línea de comandos (CLI), a la que también se puede acceder una vez configurado su acceso vía SSH, que se divide en tres modos de comandos:

- Modo User EXEC: Se activa después de iniciar sesión en el dispositivo. La petición del nivel de usuario consta del nombre host seguido del paréntesis angular (>). Los comandos de este modo permiten establecer conexión con los dispositivos remotos, modificar temporalmente la configuración del terminal, realizar pruebas básicas y enumerar la información del sistema.
- Modo Privileged EXEC: Para acceder a este modo escribir *enable* en la línea de comandos y pulsar Intro. A continuación introducir la contraseña y volver a pulsar Intro. La línea de comandos del modo Privileged EXEC consta del nombre de host del dispositivo seguido del símbolo de almohadilla (#). Para volver del modo Privileged EXEC al modo User EXEC, escribir *disable* y pulsar Intro o utilizar el comando *exit*.
- Modo Global Configuration: Los comandos de este modo se aplican a las características del sistema en vez de a una interfaz o un protocolo específico. Para acceder al modo Global Configuration, en la línea de comandos del modo Privileged EXEC, escribir el comando *configure* y pulsar Intro. El modo Global Configuration consta del nombre de host del dispositivo seguido de (config) y el símbolo de almohadilla (#). Para volver del modo Global Configuration al modo Privileged EXEC, escribir el comando *exit* o utilizar la combinación de teclas *Ctrl+Z*.

La seguridad del sistema se gestiona mediante el mecanismo de autenticación, autorización y administración de cuentas (AAA), que administra los derechos de acceso, los privilegios y los métodos de administración de los usuarios. El sistema se entrega sin una contraseña predeterminada configurada: todas las contraseñas las definen los usuarios. Si se pierde una contraseña definida por el usuario, puede ejecutarse un procedimiento de recuperación de contraseña desde el menú Inicio a través de la conexión vía cable de serie.

- Para configurar una contraseña inicial de terminal, escribir los comandos siguientes:

```
console(config)# aaa authentication login default line
```

```
console(config)# aaa authentication enable default line
```

```
console(config)# line console
```

```
console(config-line)# login authentication default
```

```
console(config-line)# enable authentication default
```

```
console(config-line)# password user
```

- Para configurar una contraseña inicial de SSH y trabajar desde el servidor, escribir los comandos siguientes:

```
console(config)# aaa authentication login default line
```

```
console(config)# aaa authentication enable default line
```

```
console(config)# line ssh
```

console(config-line)# login authentication default

console(config-line)# enable authentication default

console(config-line)# password user

- Para configurar una contraseña inicial de HTTP/HTTPS, escribir los comandos siguientes:

console(config)# ip http/https authentication local

console(config)# username user password password level 15

Adicionalmente, en el caso particular de estos protocolos hace falta activarlos, y en concreto para HTTPS crear también la clave criptográfica:

console(config)# ip http/https server

console(config)# crypto certificate generate key_generate

A continuación se debe configurar básicamente los parámetros de red, para el acceso al dispositivo:

- En primer lugar establecer el dominio de la dirección IP, si es la misma para todo el dispositivo (vlan1) o si sólo es para un solo puerto (Ethernet eN con N el número de puerto): *console(config)# interface vlan 1 / Ethernet e1*
- *console(config)# ip address dirección_IP máscara*
- *console(config)# ip default-gateway dirección_IP*

Por último comentar que cada vez que se hacen cambios en la línea de comandos del conmutador es importante guardar la configuración, ya que no se hace automáticamente. Para ello ejecutar:

enable

copy running-config startup-config

Una vez configuradas las contraseñas, los parámetros básicos de red y el protocolo HTTP/HTTPS se encuentre activo ya se puede usar la interfaz de usuario y gestionar desde ahí los futuros cambios de una manera más sencilla e intuitiva.

E.3. Unidad de distribución de alimentación APC AP7922 (PDU)

Para configurarlo por primera vez, o posteriormente para acceder localmente a la consola de control:

- Se selecciona un puerto serie en el equipo informático local y se desactiva todos los servicios que utilicen dicho puerto.
- Se utiliza el cable de configuración (referencia 940-0144 de APC) para conectar el puerto seleccionado al puerto serie situado en el panel delantero de la PDU.
- Se ejecuta un programa emulador de terminal (por ejemplo PuTTY®) y se configura el puerto seleccionado para 9600 bps, 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada y sin control de flujo; seguidamente, se guardan los cambios.

- Se pulsa INTRO. Si el sistema no está anteriormente configurado, a partir de este instante estará listo para trabajar, de lo contrario aparece User Name (Nombre de usuario) y Password (Contraseña) a introducir para la identificación del usuario.

Así se entra en la consola de control PDU, también accesible remotamente vía SSH una vez configurado su acceso adecuadamente:

```
----- Control Console -----

1- Device Manager

2- Network

3- System

4- Logout

<ESC>- Main Menu, <ENTER>- Refresh, <CTRL-L>- Event Log
```

Se puede observar que el menú está compuesto por una lista de números y nombres a su izquierda que se explicarán más adelante. Para usar una opción pulsar el número de la opción que se desee, presionar Intro y seguir las instrucciones que aparecen en la pantalla.

Es importante resaltar que si se utiliza una opción que conlleve un cambio en la configuración o valor del sistema, hay que seleccionar *Accept Changes* para guardar los cambios antes de salir del menú, de lo contrario los cambios no surgirán efecto.

En el sistema de menús se puede hacer lo siguiente:

- Escribir '?' y pulsar Intro para que se muestre una pequeña descripción del menú.
- Pulsar Intro para refrescar el menú.
- ESC para volver al menú anterior desde el que se ha accedido con anterioridad.
- Pulsar CTRL+C para volver al menú principal de la consola de control.

Ahora se explica brevemente cada uno de los cuatro puntos del menú inicial:

1. Opción Device Manager: Seleccione el menú Device Manager para realizar alguna de las siguientes tareas:

- Configurar los umbrales cargados para cada fase o banco.
- Configurar y controlar los outlets.
- Ver el status de la potencia suministrada.

2. Opción Network: Seleccione el menú Network para realizar alguna de las siguientes tareas:

- Configurar los parámetros TCP/IP del PDU o, cuando el PDU obtenga esta configuración de un servidor, configurar el tipo de servidor (DHCP o BOOTP).
- Utilizar Ping.
- Definir los parámetros de FTP, Telnet, Interfaz web, SSL, SNMP, e-mail, DNS y Syslog.
- Activar/desactivar el protocolo ISX.

3. Opción System: Seleccione el menú System para realizar alguna de las siguientes tareas:

- Control del administrador y acceso al dispositivo por diferentes tipos de usuarios.
- Definir el nombre, contacto y localización del sistema.
- Establecer la fecha y hora.
- A través de la opción Tools:
 - Reiniciar el PDU.

- Volver a los valores por defecto.
- Borrar claves SSH y certificados SSL.

4. Logout: Seleccione el menú Logout para salir del sistema guardando los cambios efectuados.

Es importante configurar en primer lugar los siguientes valores de TCP/IP (dirección IP de la PDU, máscara de subredes y puerta de enlace predeterminada) para que la PDU montada en estante pueda funcionar en la red, en primer lugar se hace manualmente:

- Seleccionar *Network* en el menú de la consola de control.
- Seleccionar *TCP/IP* en el menú *Network*.
- Seleccionar el menú *Boot Mode* (modo de inicio). Seleccionar *Manual boot mode* (modo de inicio manual) y, a continuación, pulsar ESC para volver al menú *TCP/IP*. (Los cambios se aplican al cerrar la sesión).
- Se definen las direcciones de las opciones *System IP* (IP de sistema) y *Subnet Mask* (máscara de subredes) y *Default Gateway* (puerta de enlace por defecto).
- Pulsar CTRL+C para salir al menú de la consola de control.
- Cerrar la sesión (opción 4 del menú de la consola de control).

A continuación configurar el acceso vía SSH:

- Configurar el puerto, por defecto el 22.
- Seleccionar en el menú *ssh encryption* y elegir el algoritmo de encriptación SSH versión 2.
- Seleccionar en el menú *ssh host key* para especificar un clave previamente creada por el programa APC Security Wizard (si no se especifica ninguna clave el sistema genera automáticamente una clave RSA de 768 bits en lugar de 1024-bit. Este proceso puede alargarse más de diez minutos en los que el acceso vía SSH no estará accesible).

Por último, configurar el acceso vía interfaz de usuario con los protocolos HTTP y HTTPS (mutuamente exclusivos) para gestionar desde ahí los futuros cambios de una manera más sencilla e intuitiva. Para ello, como el protocolo HTTP está activado por defecto, basta con iniciar la interfaz web y habilitar el protocolo HTTPS en el menú *Adminstration -> Network -> Web*, adjuntar el fichero con las claves criptográficas necesarias creadas con APC Security Wizard y reiniciar la interfaz de usuario.

E.4. Routers Linksys WRT54GL (encaminadores)

Como se ha comentado a lo largo de esta memoria una de las funcionalidades del formulario de configuración de los encaminadores es crear una pestaña nueva en la interfaz de usuario (alumno). Esto se realiza adjuntando un archivo en el formulario, y el formato del mismo debe ser [30]:

```

#!/usr/bin/webif-page
# Esta ruta indica donde está el intérprete para generar esta página.
<?
. /usr/lib/webif/webif.sh
# Esta ruta indica donde está la biblioteca que proporciona las herramientas para interpretar la
# página
header "Nueva" "Nueva" ""
# header da un título a la página y sirve para procesos de traducción y la primera palabra
# debe coincidir con la categoría en ##WEBIF.
# Lo siguiente es el código HTML a mostrar. Se permite usar el lenguaje script si se encierra
# entre <? y ?>
?>
<table style="width: 90%; text-align: center;" border="0" cellpadding="2"
cellspacing="2" align="center">
<tbody>
<br><br><br><tr><td>
<? echo "funciona" ?>
<? echo "funciona" ?>
<br><br><br></td></tr>
</tbody>
</table>
# footer añadirá el pie de página común del interfaz web
<? footer ?>
<!--
##WEBIF:name:Nueva:100:Introducción
-->
# Este código es el que usa webif para ordenar y nombrar las páginas dentro del menú.
# "Nueva" es el identificador de la categoría a la que pertenece esta solapa
# "100" es el orden relativo a las demás solapas, de menor a mayor.
# "Introducción" indica el nombre que aparecerá como sub-pestaña

```

Así mismo, también se ha comentado la posibilidad de realizar pequeños scripts a mano si lo que se requiere es configurar un solo encaminador. Para esto se utiliza la memoria NVRAM [31] para que modifique los cambios en la sesión sin guardarlos permanentemente. Se explica con detalle a continuación:

Hay tres categorías de interfaces: LAN, WAN y Wifi. La tercera está desactivada, por lo que no resulta útil. Para las otras dos se pueden establecer las próximas variables de la siguiente manera: *nvrn set nombre_variable = valor (entre comillas y sin espacios si hay varios valores).*

- Las variables utilizadas en la configuración de LAN:
 - ✓ lan_ifname: El nombre de la interfaz de los segmentos LAN. Debería ser *br0*.
 - ✓ lan_ifnames: Configuración de los puertos a unir mediante puente interno (recomendado *vlan0 eth1 eth2 eth3*).
 - ✓ lan_hwnames: El nombre hardware para dicha interfaz.
 - ✓ lan_proto: El protocolo de asignación a la dirección IP de la LAN.
 - ✓ lan_ipaddr: Dirección IP de la LAN para ser usada por los puertos de la misma. Es la dirección IP interna del encaminador.
 - ✓ lan_netmask: La máscara de red para la dirección IP de la LAN asignada.

- ✓ `lan_stp`: Indica si está activado el Spanning Tree Protocol en el puente entre los segmentos wireless y LAN (0 (default) ó 1).
- ✓ `lan_gateway`: La dirección IP del gateway asignado a la LAN.
- Las variables utilizadas en la configuración de WAN:
 - ✓ `wan_ifname`: El nombre de la interfaz WAN. Debería ser `vlan1`.
 - ✓ `wan_proto`: Modo de asignar la dirección IP a la WAN. Puede ser `static` o `dhcp`.
 - ✓ `wan_ipaddr`: Dirección IP del router.
 - ✓ `wan_netmask`: La máscara de red para la dirección IP de la WAN asignada.
 - ✓ `wan_gateway`: La dirección IP del gateway asignado a la WAN.
 - ✓ `wan_dns`: El servidor DNS server para usar en la interfaz WAN.
 - ✓ `wan_hostname`: El nombre (hostname) del router.

Si se requiere que los cambios sean permanentes añadir la sentencia `nvramp commit` después de cada parámetro de configuración.

E.5. Interfaces de usuario

E.5.1. Interfaz inicial (inicio.html)

Si por cualquier motivo se lleva a cabo una modificación de las direcciones IP de los dispositivos, conllevaría un consiguiente cambio en la dirección web de las interfaces de usuario y no se tendría acceso a las mismas desde esta pantalla inicial. Para solucionar esto modificar las líneas de código similares a la siguiente con las nuevas direcciones IP:

```
<h2><a href=http://192.168.1.144 target="_blank"> ... </a></h2>
```

Si se decide que la seguridad de acceso a las interfaces es un elemento clave, se puede realizar un cambio de contraseñas para que no tengan todas ellas la misma, como se sugirió por parte del profesorado por comodidad. Para ello introducir el nuevo nombre de usuario y contraseña en las líneas siguientes al comienzo de cada uno de los ficheros PHP:

```
$username = "root"; //Aquí el nombre de usuario
$password = "PacoRedes1"; //Aquí la contraseña
```

E.5.2. Configuración interfaz web de usuario + VLANs routers Linksys WRT54GL (linksys.php y configurar.php)

Se comienza por explicar para cada pestaña los procedimientos y funciones requeridas en el formulario. En primer lugar se implementan unas funciones javascript con el fin de controlar que si se selecciona/deselecciona una pestaña, automáticamente se seleccionen/deseleccionen todas sus sub-pestañas.

```
function deshabilita_Info(valor) {
  for (i=0; j = document.formulario.System_Info[i]; i++)
    j.disabled = valor;
  for (i=0; j = document.formulario.About[i]; i++)
    j.disabled = valor;
```

```

    if (valor) {
        document.formulario.System_Info[1].checked = true;
        document.formulario.About[1].checked = true;
    }
}

function habilita_Info(valor) {
    for (i=0; j = document.formulario.System_Info[i]; i++)
        j.disabled = valor;
    for (i=0; j = document.formulario.About[i]; i++)
        j.disabled = valor;

    document.formulario.System_Info[0].checked = true;
    document.formulario.About[0].checked = true;
}

```

A continuación se detalla cada pestaña de la misma forma con nombre, tipo de campo del formulario (radio), estado de configuración de sus pestañas (selección manual, seleccionar todas o deseleccionar todas) y un valor interno para su posterior procesamiento:

```

<label> <input name="Info" type="radio" id="Info_0" onclick = "habilita_Info(false)"
value="1" checked="checked" /> Selección manual</label>

<label> <input type="radio" name="Info" value="2" id="Info_1" onclick =
"habilita_Info(true)" /> Seleccionar todas</label>

<label> <input type="radio" name="Info" value="0" id="Info_2" onclick =
"deshabilita_Info(true)" /> Deseleccionar todas</label>

```

Del mismo modo, para cada sub-pestaña se especifica su nombre, tipo de campo del formulario (radio), estado de configuración (activar, por defecto, o desactivar) y un valor interno para su posterior procesamiento:

```

<label> <input name="System_Info" type="radio" id="System_Info_0" value="1"
checked="CHECKED" /> Activar</label>

<label> <input type="radio" name="System_Info" value="0" id="System_Info_1" />
Desactivar</label>

```

Ahora se detalla el campo comentario del formulario. Modificar el valor numérico de cols y rows si se quiere ampliar/reducir su tamaño:

```

<label> <textarea name="Comentario" cols="116" rows="10"
id="Comentario"></textarea> </label>

```

A continuación se detalla el campo para examinar y adjuntar un archivo con el fin de crear una nueva pestaña. MAX_FILE_SIZE es un campo oculto y especifica el valor máximo en bytes de los archivos a subir:

```

<input type="hidden" name="MAX_FILE_SIZE" value="10000000" />

<input name="Archivo" type="file" id="Archivo" size="80" />

```

Por último el campo de texto para indicar la estructura de VLANs. Destacar la función Onfocus para que aparezca por defecto en pantalla el valor introducido:

```
<input type="text" name="vlan0ports" id="vlan0ports" class="texto" value="32105*"
onfocus="if(this.value=='32105*')this.value=''" />
```

Una vez complementado el formulario es enviado y procesado por otro programa PHP encargado de crear el script correspondiente.

Si se requiere que el script generado tenga otro nombre o se almacene en otra ruta modificar las siguientes líneas de código:

```
$archivo = "script.sh"; // el nombre de archivo

$ruta = "$archivo"; //ruta donde guardamos el archivo
```

El resto del código va dirigido a comprobar los valores introducidos por el usuario en el formulario para generar las diferentes líneas del script. Por ejemplo, en esta caso concreto se comprueba si el usuario ha elegido deseleccionar todas las sub-pestañas del menú Network, de ser así busca la pestaña correspondiente en el archivo categorías del encaminador Linksys, la cual almacena toda lista de pestañas, y la elimina.

```
if ($_POST[Network] == 0) { //deseleccionar todas

fwrite ($fd,'sed "/Network/d" /www/cgi-bin/test/.categories > /www/cgi-
bin/test/.categoriesAux' . "\n");

fwrite ($fd,"mv /www/cgi-bin/test/.categoriesAux /www/cgi-bin/test/.categories \n");

}
```

E.5.3. Selección script Linksys (renombrar_scripts_Linksy.php y renombrar.php)

Si se desea cambiar el directorio a mostrar por pantalla introducir la ruta elegida en la variable *\$path*:

```
$path = "/var/www/html";
```

Del mismo modo, se puede modificar el código para que el tipo de ficheros a mostrar por pantalla sean de varias extensiones además de .sh en la siguiente línea:

```
if ($file != "." && $file != ".." && strops ($file, '.sh',1)) {
```

E.5.4. Test de conexiones (test_cableado.php)

Si se amplían los dispositivos del laboratorio L1.02 bastaría con añadir el número de máquinas nuevas a las existentes en la siguiente variable *\$NumMaquinas* y adicionalmente poner su dirección IP y su comentario en los siguientes registros, poniendo como índice el correspondiente de la lista de máquinas existente.

```
$Maquinas[i]="@IP_nuevoDispositivo";

$aux[i]="(comentario)";
```

Adicionalmente, se puede actuar de la misma manera con los puertos, añadiendo el número de puertos nuevos a la variable *\$NumPuertos=1*; y colocando en una variable registro con su índice correspondiente el tipo de puerto a testear.

```
$Puertos[i]=NumPuerto;
```


ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1: Parte superior armario rack laboratorio L1.02	16
Ilustración 2.2: Parte inferior armario rack laboratorio L1.02	16
Ilustración 2.3: Vista de frente Servidor Dell PowerEdge 860	17
Ilustración 2.4: Vista de frente conmutador Dell PowerConnect 3424.....	18
Ilustración 2.5: Vista de frente Unidad de distribución de alimentación APC AP7922	19
Ilustración 2.6: Vista posterior router Linksys WRT54GL	20
Ilustración 2.7: Vista de frente Sistema de alimentación ininterrumpida Back-UPS RS 800	22
Ilustración 2.8: Flujo de la información automatización	22
Ilustración 2.9: Interfaz de usuario inicial	23
Ilustración 2.10: Ejemplo acceso a configuración restringido	23
Ilustración 2.11: Visión general de la estructura de las interfaces de usuario.....	24
Ilustración 2.12: Vista del administrador de archivos Nautilus.....	25
Ilustración 2.13: Interfaz de usuario configuración script Linksys WRT54GL.....	26
Ilustración 2.14: Interfaz de usuario selección script.sh	27
Ilustración 2.15: Interfaz de usuario configuración Linksys WRT54GL	28
Ilustración 2.16: Interfaz de configuración unidad de distribución de alimentación AP7922.....	29
Ilustración 2.17: Interfaz de usuario configuración Switch Dell PowerConnect 3424.....	30
Ilustración 2.18: Interfaz resultado tras ejecutar test de conexiones	30
Ilustración 2.19: Ejecución botón derecho para acceso configuración switches	31
Ilustración 2.20: Mensaje de error al conectarse con los router Linksys vía SSH.....	32
Ilustración 2.21: Pantalla modificación métrica	33
Ilustración A.1: Diagrama de Gantt de la planificación inicial	36
Ilustración A.2: Diagrama Gantt de los tiempos reales	37
Ilustración C.1: Esquema general laboratorio L1.02	42
Ilustración C.2: Conexiones físicas entre dispositivos	43

Ilustración C.3: Conexiones físicas conmutadores	44
Ilustración C.4: Conexiones físicas PDU	45
Ilustración D.1: Permitir conexión gráfica remota con el servidor.....	47
Ilustración D.2: Vista de la interfaz de usuario inicial.....	48
Ilustración D.3: Vista selección de pestañas interfaz web de usuario	51
Ilustración D.4: Campo de texto para introducir comentarios de la práctica	51
Ilustración D.5: Campo para añadir una nueva pestaña.....	52
Ilustración D.6: Distribución de puertos encaminador Linksys WRT54GL	52
Ilustración D.7: Campo para modificar la composición de las VLANs	52
Ilustración D.8: Interfaz de elección del script a utilizar como script.sh.....	53
Ilustración D.9: Vista del menú de configuración web del administrador.....	56
Ilustración D.10: Paso 1 para crear excepción de seguridad	57
Ilustración D.11: Paso 2 para crear excepción de seguridad	57
Ilustración D.12: Paso 3 para crear excepción de seguridad	58
Ilustración D.13: Paso 4 para crear excepción de seguridad	58
Ilustración D.14: Vista general de la interfaz de usuario de la PDU	59
Ilustración D.15: Vista del proceso de carga de un fichero de configuración	60
Ilustración D.16: Mensaje advertencia por el uso de Mozilla Firefox.....	60
Ilustración D.17: Vista general de la interfaz de usuario del switch.....	61
Ilustración D.18: Vista del menú Copy Files de la interfaz de usuario del switch.....	63
Ilustración D.19: Vista del menú File Upload de la interfaz de usuario del switch.....	64
Ilustración D.20: Vista del menú File Download de la interfaz de usuario del switch.....	65
Ilustración D.21: Vista de la pantalla resultado tras ejecutar el test de conexiones	66
Ilustración E.1: Vista del administrador de archivos Nautilus	68
Ilustración E.2: Vista de la ventana para desactivar SELinux.....	70
Ilustración E.3: Vista de la información general del SAI	72

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sitio web oficial de OpenWrt: <http://openwrt.org>
- [2] Sitio web oficial de Dell: <http://www.dell.es>
- [3] Sitio web oficial de Linksys: <http://www.linksysbycisco.com>
- [4] Sitio web oficial de APC: <http://www.apcc.com>
- [5] Página principal de HTML: <http://www.w3.org/html>
- [6] Sitio web oficial de PHP: <http://www.php.net>
- [7] Página principal de HTTP: <http://www.w3.org/Protocols>
- [8] Estándar protocolo HTTPS - RFC 2818: <http://tools.ietf.org/html/rfc2818>
- [9] Sitio web oficial de Apache: <http://www.apache.org>
- [10] Sitio web oficial de Mozilla Firefox: <http://www.mozilla.org>
- [11] Estándar protocolo TCP - RFC 793: <http://tools.ietf.org/html/rfc793>
- [12] Estándar protocolo SSH - RFC 4819: <http://tools.ietf.org/html/rfc4819>
- [13] Sitio web oficial de OpenSSH: <http://www.openssh.org>
- [14] Estándar protocolo FTP - RFC 959: <http://tools.ietf.org/html/rfc959>
- [15] Estándar protocolo TFTP - RFC 1350: <http://tools.ietf.org/html/rfc1350>
- [16] Estándar protocolo DHCP - RFC 2131: <http://tools.ietf.org/html/rfc2131>
- [17] Sitio web oficial de CentOS: <http://www.centos.org>
- [18] Sitio web oficial de Windows: <http://www.microsoft.com/windows>
- [19] Sitio web oficial de Kompozer: <http://www.kompozer.net>
- [20] Sitio web oficial de Eclipse: <http://www.eclipse.org>
- [21] Sitio web oficial de PuTTY: <http://www.putty.org>
- [22] Sitio web oficial de Xming: <http://www.straightrunning.com/XmingNotes>
- [23] Sitio web oficial de Dia: <http://live.gnome.org/Dia>
- [24] Sitio web oficial de OpenOffice: <http://www.openoffice.org>
- [25] Sitio web oficial de Gantt Project: <http://www.ganttproject.biz>
- [26] Sitio web oficial de UPS APC Daemon: <http://www.apcupsd.com>
- [27] Sitio web oficial del repositorio RPMforge: <http://www.rpmrepo.org/RPMforge>
- [28] Sitio web oficial de la Real Academia Española: <http://www.rae.es>
- [29] VLANs Linksys WRT54GL: <http://nuwiki.openwrt.org/oldwiki/openwrtdocs/networkinterfaces>

[30] OpenWrt Webif: http://wiki.x-wrt.org/index.php/Programmer%27s_Guide_to_the_Webif

[31] NVRAM: <http://nuwiki.openwrt.org/oldwiki/openwrtdocs/whiterussian/configuration>